黄海平　编著

黄师傅教你学

电动机控制电路

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

黄师傅教你学电动机控制电路

黄海平　编著

机 械 工 业 出 版 社

本书共206例电路，内容包括单向直接起动控制电路、可逆直接起动控制电路、顺序控制电路、减压起动控制电路、制动控制电路、调速控制电路、供排水控制电路和其他控制电路。本书内容涵盖面广，内容详尽，重点突出，图文并茂，讲解透彻，易学易懂，特别适合广大电工初学者和再就业的电工人员阅读，能够起到举一反三、事半功倍的效果，是一本不可多得的电动机控制电路学习用书。

图书在版编目（CIP）数据

黄师傅教你学电动机控制电路/黄海平编著. —北京：机械工业出版社，2013.7
ISBN 978-7-111-43229-6

Ⅰ.①黄… Ⅱ.①黄… Ⅲ.①电动机-控制电路 Ⅳ.①TM320.12

中国版本图书馆CIP数据核字（2013）第150814号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：张俊红 责任编辑：林 桢
版式设计：霍永明 责任校对：程俊巧
责任印制：张 楠
北京京丰印刷厂印刷
2013年10月第1版·第1次印刷
169mm×239mm · 19.25印张·375千字
0 001—4 000册
标准书号：ISBN 978-7-111-43229-6
定价：49.80元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务		网络服务	
社服务中心：	(010)88361066	教材网：	http://www.cmpedu.com
销售一部：	(010)68326294	机工官网：	http://www.cmpbook.com
销售二部：	(010)88379649	机工官博：	http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：	(010)88379203	**封面无防伪标均为盗版**	

前　言

为了更好地帮助广大电工人员快速学习和掌握电动机控制电路方面的知识，并能尽快应用到实际工作中去，作者精选了206例电动机控制电路，这些电路代表性强，实用性强。通过深入透彻地剖析，能使广大电工人员轻松看懂，既能轻松学得会，还能实际用得上。

本书内容包括单向直接起动控制电路、可逆直接起动控制电路、顺序控制电路、减压起动控制电路、制动控制电路、调速控制电路、供排水控制电路和其他控制电路。本书内容涵盖面广，内容详尽，重点突出，图文并茂，讲解透彻，易学易懂，特别适合广大电工初学者和再就业的电工人员阅读，能够起到举一反三、事半功倍的效果，是一本不可多得的电动机控制电路学习用书。

本书主要由黄海平编写，参加本书部分内容编写和其他相关工作的还有黄鑫、于荣宁、姜文吉、李志平、李燕、李志安、李雅茜、黄海静、黄海明、王兰君、凌玉泉、王文婷、王义政、张志刚、苏文广、李志强、刘守真、谭亚林、刘彦爱等，在此表示感谢。

由于编写时间仓促，加之作者水平有限，书中不妥或错误之处在所难免，恳请广大读者和电工人员批评指正。

黄海平于威海

2013年仲夏

目　录

前言

一、单向直接起动控制电路 …… 1

★电路 1　带有记忆停止及报警指示的电动机短暂停电再来电自动再起动电路 …… 1
★电路 2　采用安全电压控制电动机起停电路 …… 2
★电路 3　单向点动控制电路 …… 3
★电路 4　带热继电器过载保护的点动控制电路 …… 4
★电路 5　两台电动机联锁控制电路 …… 4
★电路 6　单向起动、停止电路 …… 5
★电路 7　多条皮带运转原料控制电路 …… 6
★电路 8　交流接触器低电压情况下起动电路 …… 7
★电路 9　低速脉动控制电路 …… 8
★电路 10　电动机固定转向控制电路 …… 9
★电路 11　用一只按钮控制电动机起停电路 …… 11
★电路 12　短暂停电自动再起动电路（一） …… 12
★电路 13　短暂停电自动再起动电路（二） …… 13
★电路 14　两台电动机联锁控制电路（一） …… 14
★电路 15　两台电动机联锁控制电路（二） …… 15
★电路 16　电动机加密控制电路 …… 16
★电路 17　电动机间歇运行控制电路（一） …… 17
★电路 18　电动机间歇运行控制电路（二） …… 19
★电路 19　起动、停止、点动混合电路（一） …… 19
★电路 20　起动、停止、点动混合电路（二） …… 20
★电路 21　起动、停止、点动混合电路（三） …… 21
★电路 22　起动、停止、点动控制电路（四） …… 22
★电路 23　起动、停止、点动控制电路（五） …… 23
★电路 24　起动、停止、点动控制电路（六） …… 24
★电路 25　起动、停止、点动控制电路（七） …… 26
★电路 26　起动、停止、点动控制电路（八） …… 27
★电路 27　起动、停止、点动控制电路（九） …… 28

★电路 28　起动、停止、点动控制电路（十）…… 29
★电路 29　起动、停止、点动控制电路（十一）…… 30
★电路 30　起动、停止、点动控制电路（十二）…… 31
★电路 31　起动、停止、点动控制电路（十三）…… 32
★电路 32　起动、停止、点动控制电路（十四）…… 32
★电路 33　起动、停止、点动控制电路（十五）…… 33
★电路 34　起动、停止、点动控制电路（十六）…… 34
★电路 35　起动、停止、点动控制电路（十七）…… 35
★电路 36　起动、停止、点动控制电路（十八）…… 36
★电路 37　两只按钮同时长时间按下开机、再同时长时间按下关机的加密控制电路 …… 38
★电路 38　多台电动机起停控制电路 …… 39
★电路 39　新颖实用的单只按钮控制电动机点动、起动、停止电路 …… 42
★电路 40　单按钮长时间按下起动、瞬时按下停止的单向起停控制电路 …… 44
★电路 41　用一只按钮控制电动机点动、起动、停止电路 …… 45
★电路 42　两只按钮同时按下起动，任意一只或两只都按下停止的单向起停控制电路 …… 47
★电路 43　两台电动机同时起动、任意停止控制电路 …… 48
★电路 44　两台电动机分别起动、同时停止控制电路 …… 49
★电路 45　多地起动、停止、点动控制电路 …… 50
★电路 46　多台电动机可预选起动控制电路 …… 51

二、可逆直接起动控制电路 …… 56

★电路 47　可逆点动与起动混合控制电路 …… 56
★电路 48　卷扬机控制电路（一） …… 57
★电路 49　卷扬机控制电路（二） …… 58
★电路 50　利用转换开关预选的正反转起停控制电路 …… 59
★电路 51　只有接触器辅助常闭触点互锁的可逆点动控制电路 …… 60
★电路 52　只有接触器辅助常闭触点互锁的可逆起停控制电路 …… 61
★电路 53　用一只行程开关实现带点动功能的自动往返控制电路 …… 62
★电路 54　单按钮控制电动机正反转起停电路 …… 64
★电路 55　单线远程正反转控制电路 …… 66
★电路 56　用一只按钮控制电动机正反转定时停机电路 …… 67
★电路 57　多地正反转控制电路 …… 68
★电路 58　三地控制电动机可逆点动、起动、停止电路 …… 69
★电路 59　自动往返循环控制电路（一） …… 70
★电路 60　自动往返循环控制电路（二） …… 71

★电路 61　自动往返循环控制电路（三）…… 73
★电路 62　用 SAY7-20x/33 型复位式转换开关实现电动机正反转连续运转控制电路 …… 74
★电路 63　效果极佳的防正反转转换电弧短路控制电路 …… 75
★电路 64　功能非常完善的自动往返控制电路 …… 77
★电路 65　一种往返循环自动回到原位停止控制电路 …… 80
★电路 66　不需按停止按钮即可任意手动改变方向的自动往返控制电路 …… 82
★电路 67　带有点动功能的自动往返控制电路 …… 83
★电路 68　仅用一只行程开关且有定时停机功能的自动往返控制电路 …… 85
★电路 69　用一只按钮、一只行程开关实现自动往返及起停控制电路 …… 87
★电路 70　仅用一只行程开关实现自动往返控制电路 …… 89
★电路 71　仅用 4 根导线控制的正反转起停电路 …… 90
★电路 72　只有按钮互锁的可逆点动控制电路 …… 91
★电路 73　只有按钮互锁的可逆起停控制电路 …… 92
★电路 74　接触器、按钮双互锁可逆起停控制电路 …… 93
★电路 75　有接触器辅助常闭触点互锁及按钮常闭触点互锁的可逆点动控制电路 …… 93
★电路 76　可逆点动与起动混合控制电路 …… 95
★电路 77　具有三重互锁保护的正反转控制电路 …… 97
★电路 78　防止相间短路的正反转控制电路（一） …… 98
★电路 79　防止相间短路的正反转控制电路（二） …… 99
★电路 80　JZF 型正反转自动控制器应用电路 …… 100
★电路 81　用电弧联锁继电器延长转换时间的正反转控制电路 …… 101

三、顺序控制电路 …… 103

★电路 82　两台电动机任一台先开后停、而另一台则后开先停顺序控制电路 …… 103
★电路 83　效果理想的顺序自动控制电路 …… 104
★电路 84　一种控制主机、辅机起停的控制电路 …… 105
★电路 85　两台电动机开机按次序从前向后自动完成、而停机不按次序操作电路 …… 107
★电路 86　防止同时按下两只起动按钮的顺序起动、同时停止电路 …… 108
★电路 87　手动Y-△减压起动控制电路 …… 109
★电路 88　两台电动机顺序起动、顺序停止控制电路 …… 110
★电路 89　两台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止控制电路 …… 111
★电路 90　六台电动机手动逐台顺序起动控制电路 …… 113
★电路 91　六台电动机逐台延时起动电路（一） …… 115
★电路 92　六台电动机逐台延时起动电路（二） …… 116

★电路 93　四台电动机顺序起动、逆序停止控制电路 …… 117
★电路 94　三台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路（一） …… 119
★电路 95　三台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路（二） …… 121
★电路 96　三台电动机顺序起动、逆序停止控制电路 …… 123
★电路 97　两台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路 …… 125
★电路 98　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（一） …… 127
★电路 99　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（二） …… 128
★电路 100　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（三） …… 129
★电路 101　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（四） …… 130
★电路 102　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（五） …… 131
★电路 103　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（六） …… 132
★电路 104　两台电动机顺序起动、任意停止的控制电路（一） …… 134
★电路 105　两台电动机顺序起动、任意停止的控制电路（二） …… 135
★电路 106　两台电动机顺序起动、任意停止的控制电路（三） …… 136
★电路 107　两台电动机顺序起动、任意停止的控制电路（四） …… 137
★电路 108　两台电动机顺序起动、任意停止的控制电路（五） …… 138
★电路 109　用两只接触器完成Y-△减压自动起动控制电路 …… 139
★电路 110　自耦变压器手动控制减压起动电路…… 141
★电路 111　两台传送带起动、停止控制电路（一） …… 142
★电路 112　两台传送带起动、停止控制电路（二） …… 143
★电路 113　可预选单机起停、多机顺序起动控制电路…… 144
★电路 114　手动单机起停和联机顺序起动、总停控制电路…… 146
★电路 115　两台电动机顺序起动、定时停机电路…… 148
★电路 116　两台电动机同时起动、从前向后顺序延时停机控制电路（一） …… 150
★电路 117　两台电动机同时起动、从前向后顺序延时停机控制电路（二） …… 151
★电路 118　两台电动机手动从前向后顺序起动、手动从后向前顺序停止电路…… 152
★电路 119　两台电动机起动时从前向后自动起动、停止时同时停机控制电路…… 154
★电路 120　两台电动机从前向后顺序自动起动、从前向后顺序自动停止控制电路…… 155
★电路 121　用两只得电延时时间继电器控制两台电动机从前向后逐台自动起动、从后向前逐台自动停止电路…… 156
★电路 122　用两只得电延时时间继电器完成顺序自动起动、逆序自动停止控制电路…… 158
★电路 123　两台电动机起动时任意一台先起动、另一台延时自动起动，停止时各自独立手动停止电路…… 159
★电路 124　两台电动机任意一台先起动、另一台延时自动起动，停止时任意一台先停止、另一台延时自动停止的控制电路…… 161
★电路 125　两台电动机任意一台先开先停，另一台后开后停的顺序控制电路…… 166

★电路 126　用一只得电延时时间继电器控制两台电动机从前向后顺序自动起动、从前向后顺序自动停止电路…… 168
★电路 127　用一只失电延时时间继电器控制两台电动机从前向后顺序自动起动、从后向前顺序自动停止电路（一）　…… 170
★电路 128　用一只失电延时时间继电器控制两台电动机从前向后顺序自动起动、从后向前顺序自动停止电路（二）　…… 171
★电路 129　三台电动机手动任意起动，停止时必须从前向后顺序停止控制电路…… 173
★电路 130　三台电动机任意起动，停止时必须从后向前顺序停止控制电路…… 175
★电路 131　四台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止控制电路…… 177
★电路 132　四台电动机顺序自动起动、逆序自动停止电路…… 180
★电路 133　四台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止及从后向前顺序起动、从后向前顺序停止控制电路…… 182
★电路 134　六台电动机手动逐台起动控制电路…… 186
★电路 135　多台电动机单机分别起停和联机顺序手动逐台分别起动、同时停止控制电路…… 188
★电路 136　两台电动机任意起动，无论先停哪一台，另一台便自动延时停止电路…… 190

四、减压起动控制电路 …… 193

★电路 137　电动机串电抗器手动控制电路…… 193
★电路 138　手动串联电阻起动控制电路（一）　…… 194
★电路 139　手动串联电阻起动控制电路（二）　…… 195
★电路 140　用手动按钮控制转子绕组三级串对称电阻起动控制电路…… 196
★电路 141　效果理想的手动按钮控制转子绕组三级串对称电阻起动控制电路…… 197
★电路 142　频敏变阻器正反转自动控制电路…… 199
★电路 143　频敏变阻器正反转手动控制电路…… 200
★电路 144　采用三只接触器完成Y-△减压起动自动控制电路　…… 202
★电路 145　自耦变压器自动控制减压起动电路…… 203
★电路 146　延边三角形减压起动自动控制电路…… 203
★电路 147　频敏变阻器起动控制电路…… 204
★电路 148　定子绕组串联电阻起动自动控制电路（一）　…… 206
★电路 149　定子绕组串联电阻起动自动控制电路（二）　…… 207
★电路 150　频敏变阻器可逆手动起动控制电路…… 208
★电路 151　频敏电阻器可逆自动起动控制电路…… 209
★电路 152　用频敏变阻器完成的单向手动减压起动控制电路…… 210
★电路 153　频敏变阻器正反转手动控制电路（一）　…… 211
★电路 154　频敏变阻器正反转手动控制电路（二）　…… 212

★电路 155　频敏变阻器正反转自动控制电路…… 214
★电路 156　频敏变阻器手动起动控制电路…… 216
★电路 157　频敏变阻器自动起动控制电路…… 216
★电路 158　用失电延时时间继电器控制两只交流接触器完成Y-△减压自动起动电路…… 217
★电路 159　用一只按钮控制绕线式异步电动机转子串三级电阻手动起停电路…… 219
★电路 160　安全可靠的手动按钮控制转子绕组三级串电阻起动控制电路…… 221
★电路 161　绕线转子电动机转子绕组三级串对称电阻手动起动控制电路…… 223
★电路 162　具有手动自动功能的转子绕组三级串电阻起动控制电路…… 225

五、制动控制电路 …… 228

★电路 163　电磁制动器制动控制电路…… 228
★电路 164　改进的电磁制动器制动电路…… 229
★电路 165　双向运转反接制动控制电路…… 230
★电路 166　简单实用的可逆能耗制动控制电路…… 232
★电路 167　单向运转反接制动控制电路（一）…… 233
★电路 168　单向运转反接制动控制电路（二）…… 234
★电路 169　全波整流可逆能耗制动控制电路…… 235
★电路 170　全波整流单向能耗制动控制电路…… 236
★电路 171　半波整流可逆能耗制动控制电路…… 237
★电路 172　半波整流单向能耗制动控制电路…… 239
★电路 173　直流能耗制动控制电路…… 240
★电路 174　单管整流能耗制动控制电路…… 241
★电路 175　可逆起动、点动、制动控制电路…… 242
★电路 176　电动机可逆三相半波整流能耗制动控制电路…… 244
★电路 177　用失电延时时间继电器完成单向反接制动控制电路…… 246

六、调速控制电路 …… 249

★电路 178　△-Y-2Y接法三速电动机手动控制电路…… 249
★电路 179　Y-△-2Y接法三速电动机手动控制电路…… 252
★电路 180　2Y/2Y双速电动机手动控制电路…… 254
★电路 181　2△/Y双速电动机手动控制电路…… 256
★电路 182　2△/Y双速电动机（早期产品）控制电路…… 258
★电路 183　△/△双速电动机手动控制电路…… 259
★电路 184　接触器手动控制的三速电动机调速电路…… 262

★电路 185　△-△-2 Y-2 Y接法四速电动机手动控制电路 …… 263
★电路 186　2 Y/Y双速电动机手动控制电路…… 266
★电路 187　用三只交流接触器手动控制的双速电动机调速电路…… 267

七、供排水控制电路…… 269

★电路 188　用电接点压力表配合变频器实现供水恒压调速电路…… 269
★电路 189　用电接点压力表控制增压水罐自动补水电路…… 270
★电路 190　水箱晶体管自动控制放水电路…… 271
★电路 191　给、排水手动/定时控制电路 …… 272
★电路 192　两台水泵电动机转换工作并任意故障自投控制电路…… 273
★电路 193　两台水泵轮流工作控制电路…… 277
★电路 194　两台水泵电动机自动故障自投电路…… 279
★电路 195　采用两只中间继电器控制的水位控制电路…… 280
★电路 196　水泵两用一备控制电路…… 282
★电路 197　排水泵故障时备用泵自投电路…… 285
★电路 198　供水泵故障时备用泵自投电路…… 285
★电路 199　具有手动/自动控制功能的排水控制电路 …… 287
★电路 200　具有手动操作定时、自动控制功能的供水控制电路…… 287
★电路 201　具有手动操作定时、自动控制功能的排水控制电路…… 289

八、其他控制电路 …… 291

★电路 202　空调机组循环泵延时自动停机控制电路…… 291
★电路 203　JS11PDN 型搅拌机控制器应用电路…… 292
★电路 204　一种解决交流接触器吸合后不能释放的保护电路…… 293
★电路 205　开机前发出声光预警信号的起停控制电路…… 294
★电路 206　一种完善的防空压机交流接触器主触点熔焊的保护控制电路…… 295

一、单向直接起动控制电路

★电路 1　带有记忆停止及报警指示的电动机短暂停电再来电自动再起动电路

本电路在线路停电时间小于设定时间的情况下，可以实现自动快速再起动（必须是电动机在运行时出现停电情况）。当线路停电时间超出设定时间后重新来电，则电动机无法再自动起动，同时电铃 HA 发声报警，告知工作人员进行处理。

带有记忆停止及报警指示的电动机短暂停电再来电自动再起动电路如图 1-1 所示。

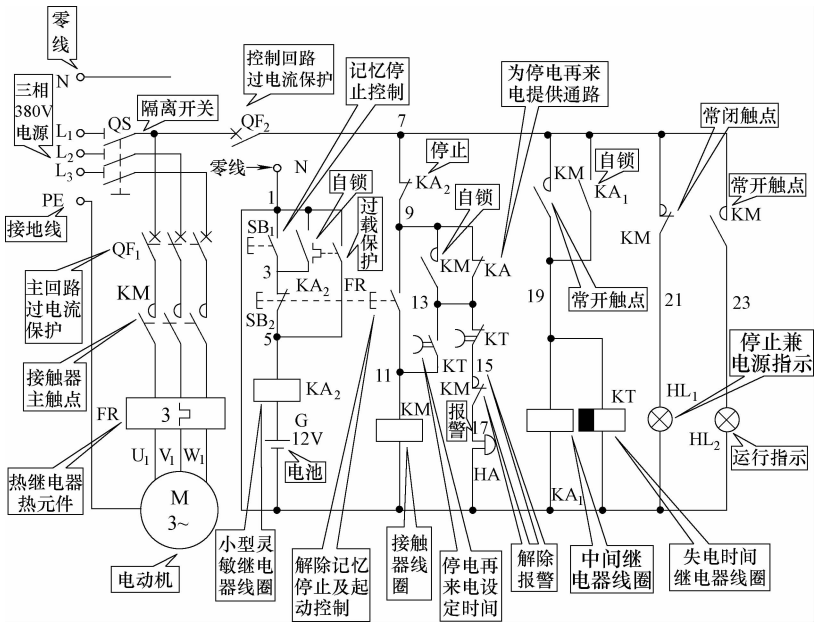


图 1-1　带有记忆停止及报警指示的电动机短暂停电再来电自动再起动电路

按下起动按钮 SB_2（3-5 常闭、9-11 常开），交流接触器 KM 线圈得电吸合。KM 三相主触点闭合，电动机 M 起动运转；KM 的辅助常开触点（7-19）闭合，使中间继电器 KA_1 和时间继电器 KT 线圈同时得电吸合，且 KA_1（7-19）的常开触点闭合自锁，KT 延时断开的常开触点（11-13）闭合，使 KM（9-13）自锁，电动机 M 正常运转。同时，KA_1 的常闭触点（9-13）断开，为线路跳闸停电后及时恢复供电重新自动起动电动机 M 做准备。

当线路跳闸停电时，KM、KA_1、KT 线圈同时失电释放，电动机 M 停止工作，由于 KA_1 线圈的失电释放，使并联在 KM 自锁常开触点上的常闭触点 KA_1（9-13）恢复常闭状态；同时 KT 的失电延时断开触点（11-13）延时断开，假如在 KT 延时时间内（整定为 3min）供电恢复正常，KM 则通过小型灵敏继电器 KA_2 的常闭触点（7-9）、KA_1 的常闭触点（9-13）、KT 的延时断开的常开触点（11-13）形成回路而自动吸合，使电动机 M 立即起动运转。在正常停车时，按下停止按钮 SB_1（1-3），KA_2 线圈得电吸合并自锁。KA_2 的常闭触点（7-9）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 失电释放，KM 的三相主触点断开，使 M 失电停止运转。当 M 出现过载时，热继电器 FR 动作，其常开触点（1-5）闭合，使 KA_2 立即得电吸合，同样切断 KM 线圈回路，KM 失电释放，M 停止运转，如果 FR 动作后没有复位，控制回路无法重新起动工作，必须在故障排除后或 FR 自动复位后，方可重新起动。

当机器在运转过程中，线路停电时间超出设定时间后重新来电，则电动机 M 也无法再自动起动，同时使电铃 HA 回路接通报警，告知工作人员进行处理。按下 SB_1（1-3），报警解除。

图 1-1 中，HL_1 为停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机运转指示灯。

★电路 2　采用安全电压控制电动机起停电路

采用安全电压控制电动机起停电路如图 1-2 所示。

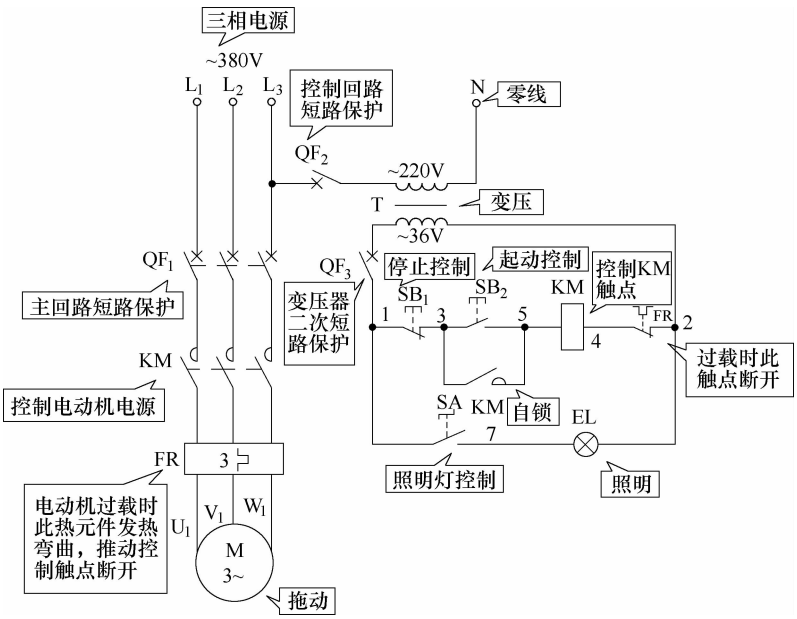


图 1-2　采用安全电压控制电动机起停电路

首先合上主回路断路器 QF_1 和控制回路断路器 QF_2、QF_3，为电路工作提供准备条件。

1. 起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，拖动设备工作。

2. 停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，拖动设备停止工作。

3. 工作灯控制

合上工作灯控制转换开关 SA（1-7），工作灯 EL 亮。

★电路 3　单向点动控制电路

点动又称为寸动，顾名思义，就是按动按钮，电动机就转动，松开按钮，电动机就停止运转。在很多控制领域中用到此方法，也是用按钮、接触器控制方法中最为简单的一种。

从图 1-3 中可以看出，只要按下点动按钮 SB（1-3），交流接触器 KM 线圈得

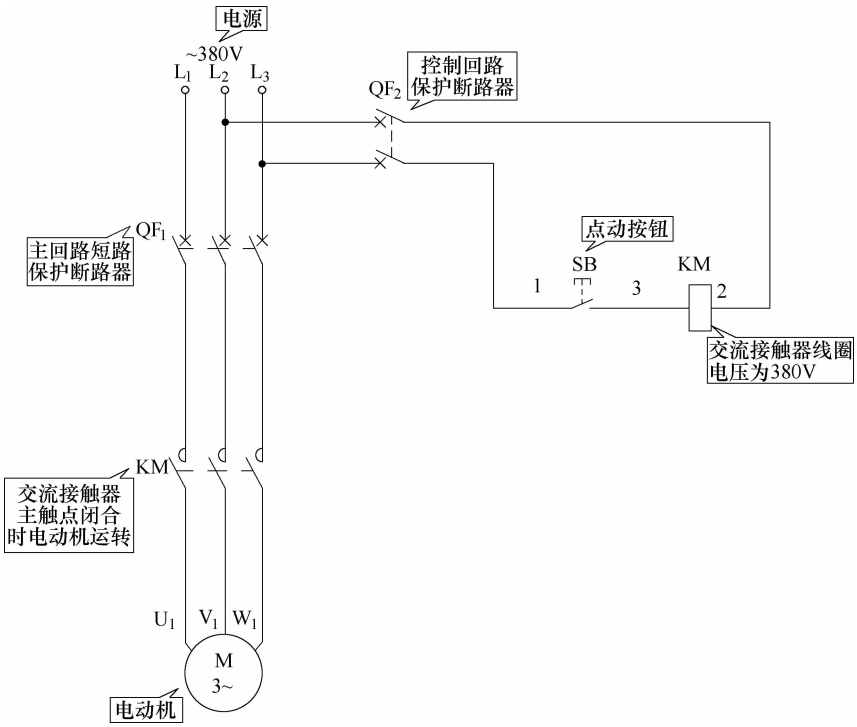


图 1-3　单向点动控制电路

电吸合，其三相主触点闭合，电动机得电运转；松开按钮 SB（1-3），交流接触器 KM 线圈失电释放，其三相主触点断开，电动机失电停止运转。

★电路 4　带热继电器过载保护的点动控制电路

图 1-4 所示的工作原理与单向点动控制电路基本相同，仅有一点不同就是带有热继电器作为电动机过载保护。可以这样讲，该电路在任何点动电路中，设计上最合适、安全上最可靠。它不但具有短路保护 QF_1、QF_2，还带有过载保护。当电动机过载时，热继电器 FR 内双金属片受热弯曲推动常闭触点动作断开控制电路，以保护电动机不会因过载而烧坏。

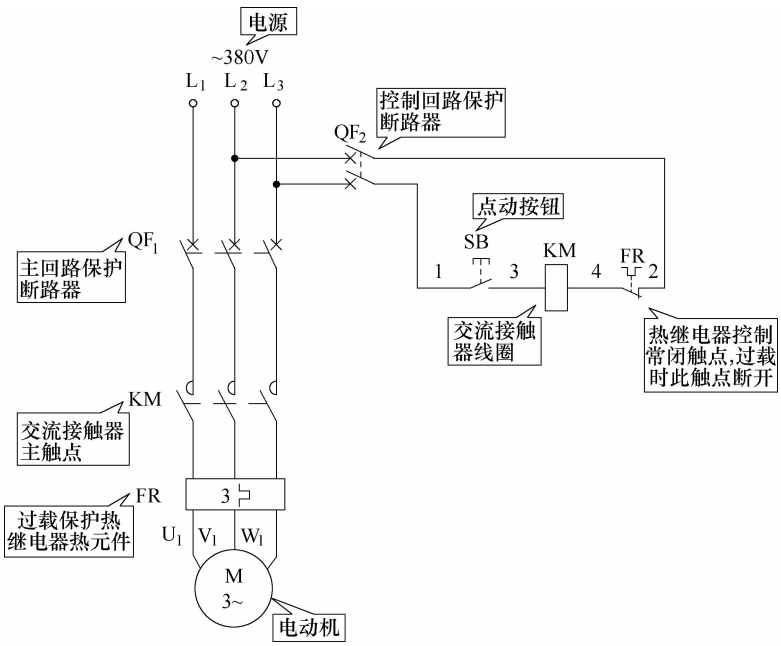


图 1-4　带热继电器过载保护的点动控制电路

★电路 5　两台电动机联锁控制电路

两台电动机联锁控制电路如图 1-5 所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、QF_2 和控制回路断路器 QF_3，为电路工作提供准备条件。

1. 起动

因 KM_2 线圈回路中串入了 KM_1 辅助常开触点（9-11），所以起动时必须先起动 KM_1 再起动 KM_2。起动时，先按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电

动机 M_1 先得电起动运转，拖动 1#设备工作；在 KM_1 线圈得电工作后，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常开触点（9-11）闭合，为起动 KM_2 做准备，再按下起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 后得电起动运转，拖动 2#设备工作，从而实现两台电动机联锁控制。

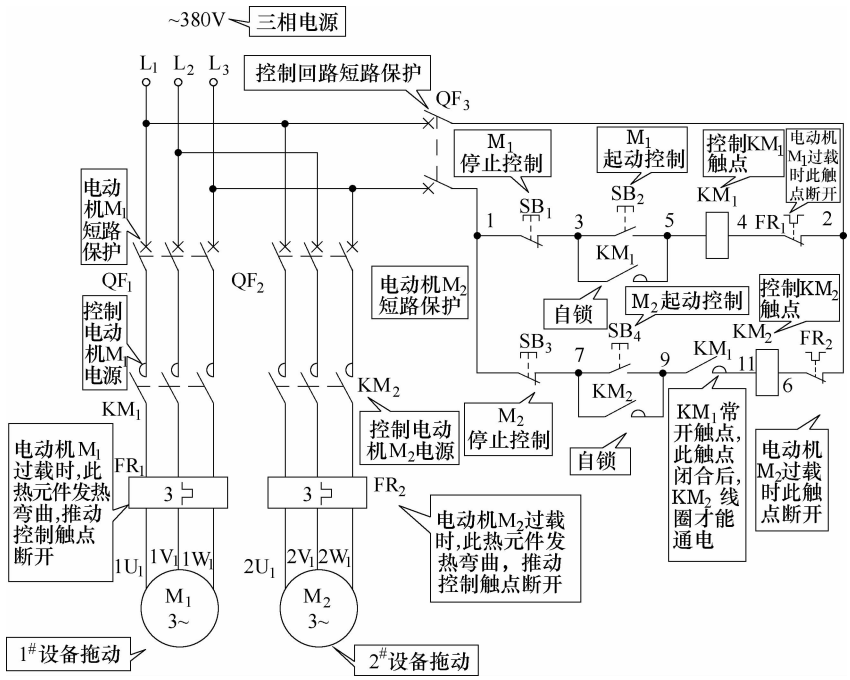


图 1-5　两台电动机联锁控制电路

2. 停止

若停止时先按下 SB_3（1-7），再按下 SB_1（1-3），将实现两台电动机分别停止控制；若停止时按下 SB_1（1-3），将会使两台电动机同时完成停止控制。

★电路 6　单向起动、停止电路

单向起动、停止电路如图 1-6 所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 起动

按下起动按钮 SB_2(3-5)，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，拖动设备开始工作。

2. 停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，拖动设备停止工作。

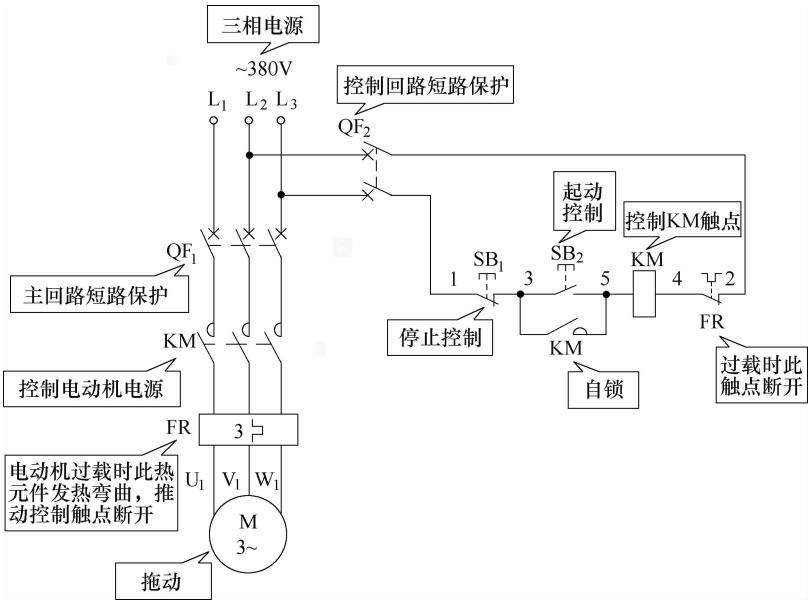


图 1-6　单向起动、停止电路

★电路 7　多条皮带运转原料控制电路

多条皮带运输原料控制电路如图 1-7 所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 起动

因 KM_2 线圈回路中串入了一只交流接触器 KM_1 辅助常开触点（9-11），所以在 KM_1 未闭合之前操作第二条皮带起动按钮 SB_4（7-9）无效。从电路中可以看出，起动时必须先起动第一条皮带电动机后方可再起动第二条皮带电动机。起动时先按下第一条皮带电动机起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一条皮带电动机得电先起动运转起来；在交流接触器 KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常开触点（9-11）闭合，为 KM_2 线圈得电工作做准备。再按下第二条皮带电动机起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二条皮带电动机得电后起动运转起来。从而完成起动时从前向后逐台手动起动控制。注意：在

KM_2 线圈得电后，KM_2 并联在第一条皮带停止按钮 SB_1（1-3）两端的辅助常开触点（1-3）闭合，将停止按钮 SB_1 短接，从而限制其操作，也就是说，停止时则必须先停止第二条皮带电动机控制交流接触器 KM_2 后，方可对第一条皮带停止按钮 SB_1（1-3）进行操作，即停止时必须从后向前逐台进行控制。

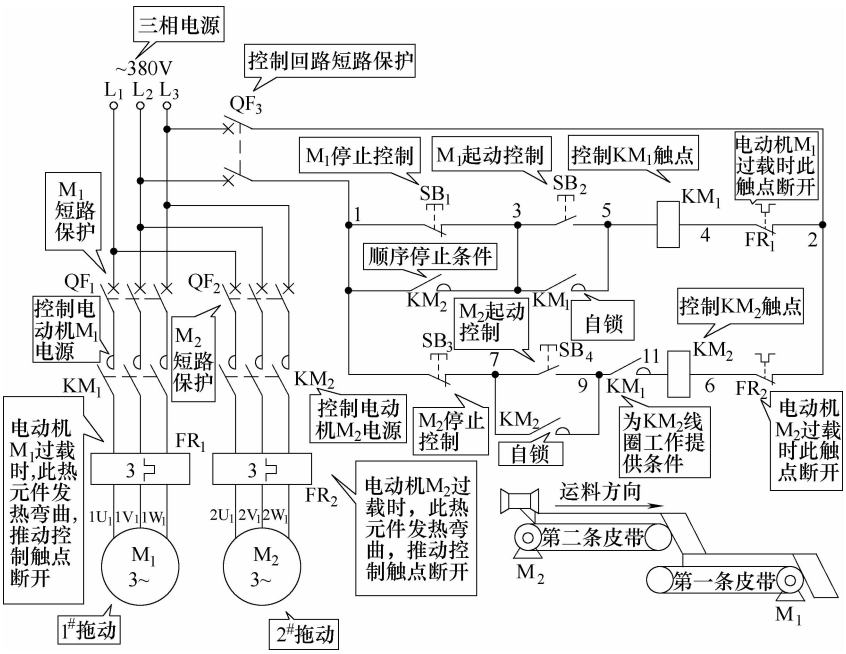


图 1-7　多条皮带运输原料控制电路

2. 停止

停止时则先按下第二条皮带电动机停止按钮 SB_3（1-7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，第二条皮带电动机先失电停止运转；当 KM_2 线圈断电释放后，KM_2 并联在 SB_1（1-3）上的辅助常开触点（1-3）断开，解除对 SB_1（1-3）的短接，可对 SB_1（1-3）进行停止操作。再按下第一条皮带电动机停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，第一条皮带电动机后失电停止运转。从而完成停止时从后向前逐台手动停止控制，即停止时先停止第二条皮带电动机 M_2，再停止第一条皮带电动机 M_1。

★电路 8　交流接触器低电压情况下起动电路

在日常工作中，当供电电压偏低，低于额定电压 85% 以下时会造成很多电气设备不能正常运行，最常见的是控制交流接触器线圈因电源电压过低而吸力不足导致交流接触器不能正常工作，会出现交流接触器衔铁跳动不止，不能可靠吸

合等情况。为此，可在交流接触器的线圈回路中串联一只整流二极管，这样原交流吸合改为直流吸合交流运行，效果较好。

图 1-8 所示为交流接触器在低电压情况下起动电路。

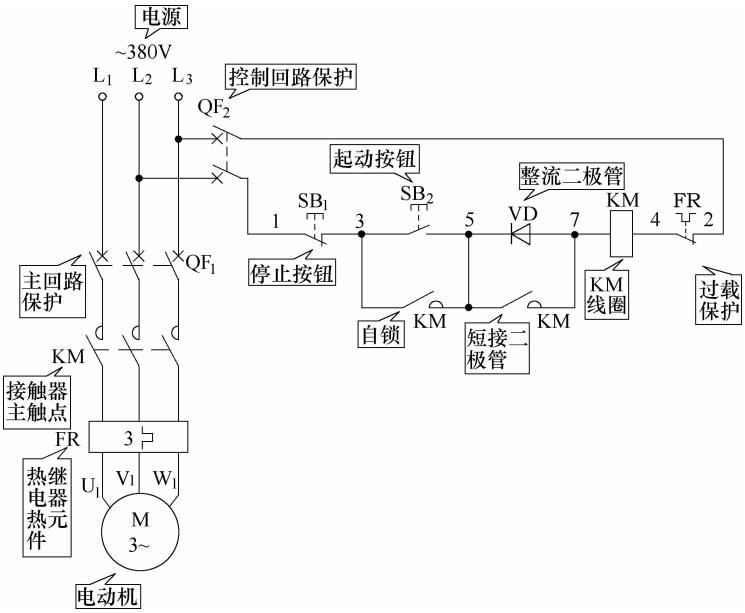


图 1-8　交流接触器在低电压情况下起动电路

起动时按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM 线圈在整流二极管 VD 的作用下由交流起动改为直流起动交流运行，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 两只辅助常开触点闭合，一只起自锁作用，一只将整流二极管短接起来。短接二极管的目的是防止交流接触器线圈因长时间通入直流电源而烧毁。KM 三相主触点闭合，电动机得电运转。

停止时，则需按下停止按钮 SB_1 即可。

因为电路中加入了整流二极管，所以交流接触器线圈通入电流较大，不宜用于操作很频繁的控制场合。电路中整流二极管 VD 工作电流必须大于交流接触器线圈电流，而反向击穿电压必须大于 700V。

★电路 9　低速脉动控制电路

机床设备在变速或对刀过程中，通常采用低速脉动方式进行控制，经实际使用证明效果良好。下面以图 1-9 所示为例进行介绍。

需工作时按下控制按钮 SB，此时交流接触器 KM 线圈得电吸合，其三相主触点闭合，电动机得电运转。当电动机转速瞬时上升至速度继电器 KS 动作值时

（转速大于 120r/min），此时速度继电器 KS 常闭触点断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，交流接触器 KM 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机断电停止工作；瞬间电动机的转速下降至小于 100r/min 时，速度继电器 KS 常闭触点恢复常闭状态，此时（操作者的手仍按住控制按钮 SB 不放），交流接触器 KM 线圈又重新得电吸合，其三相主触点闭合，电动机再次起动运转起来了，如此重复下去，从而使电动机在通、断、通、断的状态下低速脉动运转，完成低速脉动控制。

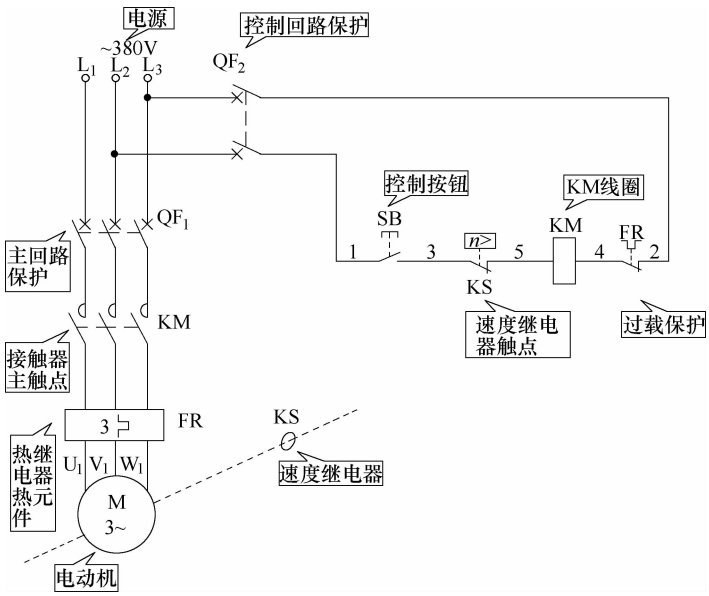


图 1-9　低速脉动控制电路

★电路 10　电动机固定转向控制电路

在某些场合，只允许电动机按一个指定的方向运转，即使当电动机相序因外线路检修后或其他原因而反向时，也要保证电动机按指定方向运转，否则会造成人身及设备事故。利用 CQX-1 型错断相保护器来完成上述要求，经实际使用表明，这样操作安全可靠，效果理想，实用性强。

CQX-1 型错断相保护器的电气工作原理图如图 1-10 所示。在正常情况下（正相序、无断相时），信号检测电路电源经 $R_1 \sim R_4$、$C_1 \sim C_3$ 及 UR 整流。此时，桥式整流 UR 输出电压接近于 0V，晶体管 VT_1 截止、VT_2 导通使继电器 K 得电吸合。一旦出现错相或断相时，在信号检测整流桥 UR 的输出端便会有信号电压产生，VT_1 导通，VT_2 截止，继电器 K 失电释放，从而切断交流接触器（KM_1 或 KM_2）线圈的控制电源，交流接触器失电释放，其三相主触点断开，电动机停止

工作。

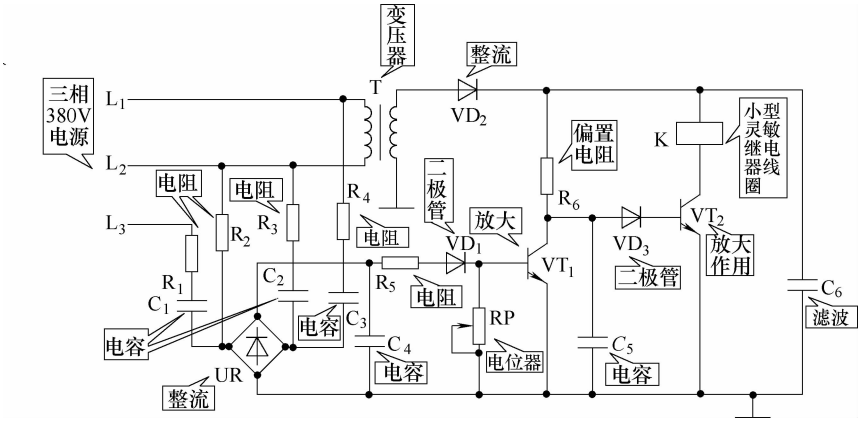


图 1-10　CQX-1 型错断相保护器的电气工作原理图

利用 CQX-1 型错断相保护器锁定电动机运转方向的控制电路如图 1-11 所示。

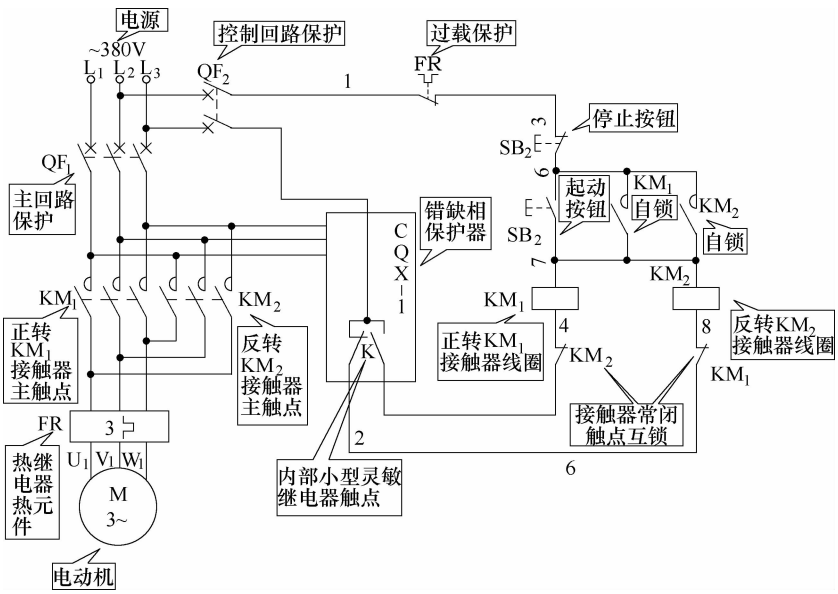


图 1-11　电动机固定转向控制电路

当三相电源相序正确时（即正相序），CQX-1 型错断相保护器的信号检测继电器 K 吸合动作，其常闭触点断开，常开触点闭合，给正转交流接触器 KM_1 提供控制电源，若按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合并自锁，其主触点闭合接通三相电源，电动机 M 得电正转运行；当三相电源相序不正确时

（即逆相序），CQX-1 型错断相保护器的信号检测继电器 K 失电释放，其常闭触点恢复常闭，常开触点恢复常开，将正转接触器 KM_1 回路电源切断，同时接通了反转接触器 KM_2 线圈控制电源，若按下 SB_2，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合并自锁，其主触点闭合，接通三相电源，电动机得电正转运行（此时利用反转接触器 KM_2 再将逆相序变换为正相序，即反、反得正的道理）。该电路的最大特点是无论电源相序如何变换，均能自动转换为正相序，使电动机旋转方向一直保持不变。

目前，市场上销售的同类产品很多，功能更多，可举一反三选择使用。

★电路 11　用一只按钮控制电动机起停电路

一般用两个按钮控制一台电动机的起动和停止，但在某些特殊场合（如多点控制和远距离控制时，需要大量的导线和按钮，以节省连接导线和减少按钮数目）或某些特殊设备上，需要采用单按钮控制电动机的起动和停止。

仅用一只按钮控制电动机的起动和停止电路如图 1-12 所示。

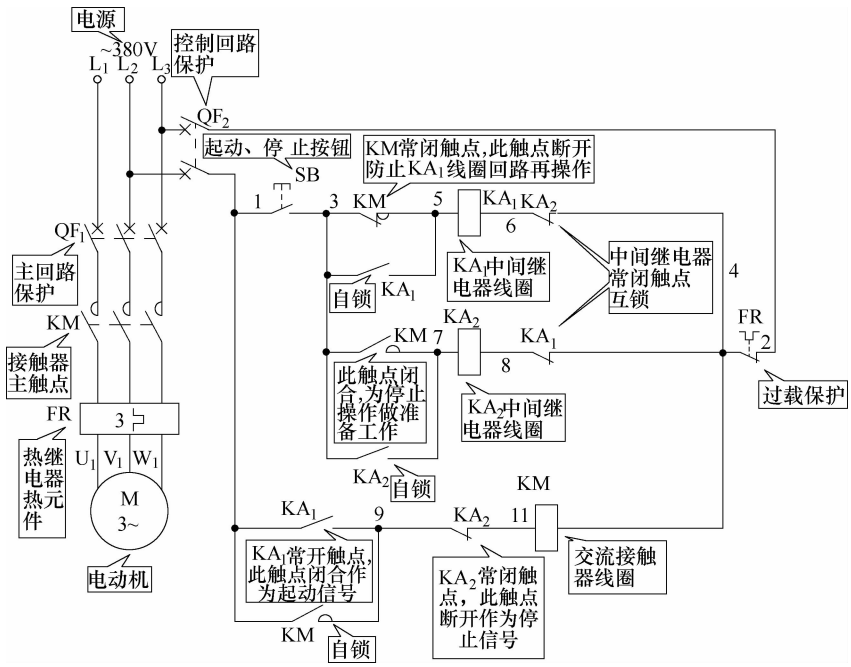


图 1-12　用一只按钮控制电动机起停电路

起动时，按下按钮 SB，中间继电器 KA_1 线圈得电吸合，KA_1 常开触点闭合，交流接触器 KM 线圈得电，KM 吸合并自锁，其三相主触点闭合，电动机起动运转。KM 的常开辅助触点闭合，常闭辅助触点断开，这时，中间继电器 KA_2 的线

圈因 KA_1 的常闭触点已断开而不能得电，所以 KA_2 不能吸合。松开按钮 SB，因 KM 已自锁，所以交流接触器 KM 线圈仍得电吸合，电动机继续运转。但这时 KA_1 因 SB 松开而失电释放，其常闭触点复位，为接通 KA_2 做好了准备。

需要停车时，第二次按下按钮 SB，这时中间继电器 KA_1 线圈通路被 KM 常闭触点切断，所以 KA_1 线圈不会吸合，而 KA_2 线圈得电吸合。KA_2 线圈吸合后，其常闭触点断开，切断 KM 线圈电源，KM 失电释放，其三相主触点断开，电动机失电停转。

此电路非常巧妙，可举一反三应用在其他控制场合中。

★电路 12　短暂停电自动再起动电路（一）

短暂停电自动再起动电路（一）如图 1-13 所示。

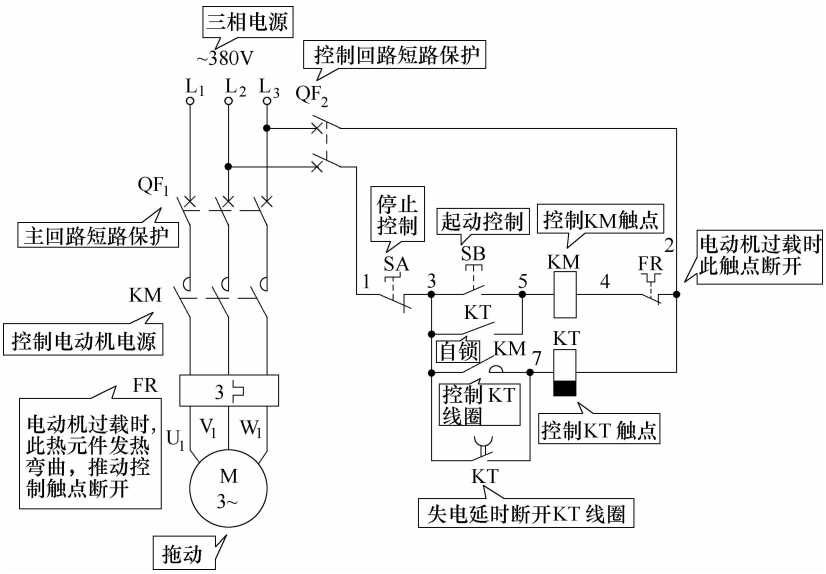


图 1-13　短暂停电自动再起动电路（一）

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

起动时，按下起动按钮 SB（3-5），交流接触器 KM、失电延时时间继电器 KT 线圈均得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电正常运转。与此同时，KT 失电延时断开的常开触点（3-7）立即闭合，为电网出现短暂停电恢复再起动做准备。

当供电电源出现短暂停电又恢复正常时，在停电的瞬间，交流接触器 KM、失电延时时间继电器 KT 线圈均断电释放，KT 开始延时，在 KT 的设定延时时间

内恢复供电，KT 失电延时断开的常开触点（3-7）仍处于闭合状态，又重新使 KT 线圈得电吸合，并使交流接触器 KM 线圈得电工作，KM 三相主触点闭合，电动机又重新得电继续运转工作。

当供电出现停电时间过长时（超出了 KT 的设定时间），KT 失电延时断开的常开触点（3-7）断开，即使再来电，也因形不成回路而无法进行自动再起动控制。

在停止时需注意的是，断开停止转换开关 SA（1-3）的时间必须要大于 KT 的设定时间，否则会出现自动再起动控制。

★电路 13　短暂停电自动再起动电路（二）

短暂停电自动再起动电路（二）如图 1-14 所示。

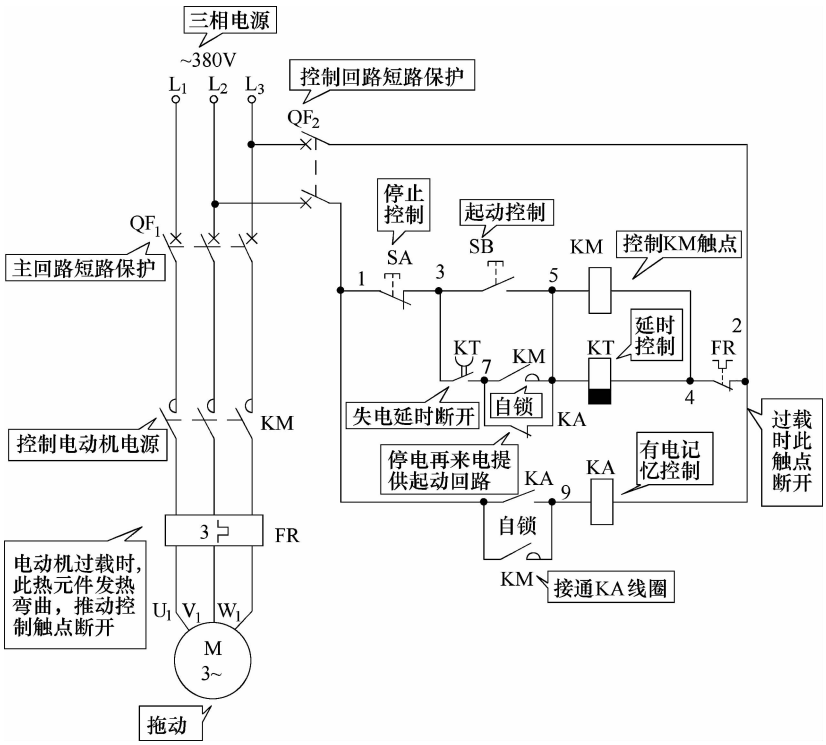


图 1-14　短暂停电自动再起动电路（二）

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

正常工作时，按下起动按钮 SB（3-5），交流接触器 KM、失电延时时间继电器 KT 线圈同时吸合且 KT 失电延时断开的常开触点（3-7）立即闭合，与同时闭

合的 KM 辅助常开触点（5-7）共同组成自锁，KM 辅助常开触点（1-9）闭合，使中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（1-9）闭合自锁，为停电恢复供电做准备。实际上，当按下起动按钮 SB（3-5）时，KM、KT、KA 三只线圈均得电工作，其 KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。当需正常停止时，则将转换开关 SA（1-3）旋至断开位置，此时，交流接触器 KM、失电延时时间继电器 KT 线圈均断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。虽然控制回路 KM、KT 线圈断电释放，但由于中间继电器 KA 线圈仍吸合不释放，其并联在交流接触器 KM 自锁触点上的常闭触点（5-7）一直处于常开状态（在不断电状态下），其使 KM、KT 能正常工作，不会出现任何不安全因素，从而达到理想的控制目的。

控制回路的电动机起动后，交流接触器 KM、中间继电器 KA、失电延时时间继电器 KT 线圈均得电吸合且 KT 失电延时断开的常开触点（3-7）立即闭合，与同时闭合的 KM 辅助常开触点（5-7）共同自锁 KM、KT 线圈，而中间继电器 KA 线圈在 KM 辅助常开触点（1-9）的作用下吸合动作，以 KA 自身常开触点（1-9）闭合自锁，如果此时出现断电现象（非人为操作停机），KM、KT、KA 均断电释放，KA 并联在 KM 辅助常开自锁触点（5-7）上的常闭触点（5-7）恢复常闭，为再起动提供起动条件，同时 KT 失电延时断开的常开触点（3-7）延时恢复常开状态，在 KT 延时恢复过程中（也就是 KT 设定的延时时间内，即生产工艺所要求的延时时间）电网又恢复正常供电，则控制电源通过转换开关 SA（1-3）、失电延时时间继电器 KT 延时断开的常开触点（3-7）（此时仍闭合未断开）、中间继电器 KA 常闭触点（5-7）、失电延时时间继电器 KT 线圈、热继电器 FR 常闭触点（2-4）至电源形成回路，KM、KT 线圈又重新得电吸合且自锁，同时 KA 线圈也在 KM 辅助常开触点（1-9）的作用下得电吸合且 KA 常开触点（1-9）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机重新起动运转工作。

★电路 14　两台电动机联锁控制电路（一）

有时，一种设备上装有多台电动机来完成一项生产任务，因为电动机各自所起的作用不同，有的时候还必须按预先设备的动作顺序要求来完成起动或停止，才能确保工作正常进行。例如，纺织机械 BC583 细砂机，要求起动时先起动吸风机后才能起动主机工作，这时要求在电路设计时，按动作要求来完成。

图 1-15 所示是两台电动机联锁控制电路（一）。图中，M_1 为吸风电动机，M_2 为主机电动机。

起动时，必须先按下吸风机起动按钮 SB_2（若直接操作 SB_4 则无效），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，因主机控制电路是接在 KM_1 自锁常开触点之后，若操作 KM_2 则必须在 KM_1 辅助常开触点自锁后方可进行。也就是说，必须

按顺序先起动 M_1 电动机，此时，可进行主机控制操作，按下主机起动按钮 SB_4，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁，其三相主触点闭合，主机电动机 M_2 得电运转工作。

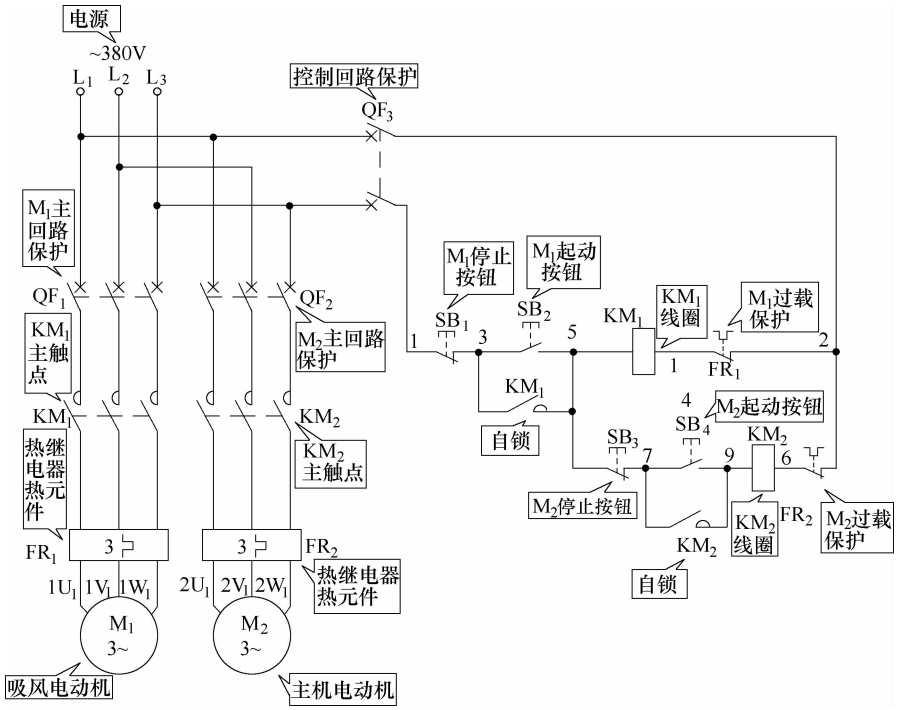


图 1-15　两台电动机联锁控制电路（一）

停止时有两种方式：一种是先停止主机 M_2 后，再停止吸风电动机 M_1，也就是说，必须先按下 SB_3 主机电动机停止按钮后，再按下吸风电动机停止按钮 SB_1，这样，停止时先停止主机电动机 M_2 后再停止吸风电动机 M_1，停止顺序与起动顺序相反。另一种停止方式就是直接按下停止按钮 SB_1，此时，两台电动机就不按顺序都停止工作。

★电路 15　两台电动机联锁控制电路（二）

有的工作设备操作要求是有顺序限制的，比如起动时，先起动电动机 M_1，再起动电动机 M_2，停止时则无要求。

图 1-16 所示电路为两台电动机联锁控制电路（二）。

起动时，必须先按下起动按钮 SB_2（若不按下 SB_2 而直接按下 SB_4 则操作无效），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，其三相主触点闭合，电动机 M_1 得

电运转工作。同时交流接触器 KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常开触点闭合，为 KM_2 工作提供准备条件（实际上就是利用 KM_1 的这个辅助常开触点来完成顺序起动）；再按下起动按钮 SB_4，此时，交流接触器 KM_2 线圈也吸合且自锁，其三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转工作。

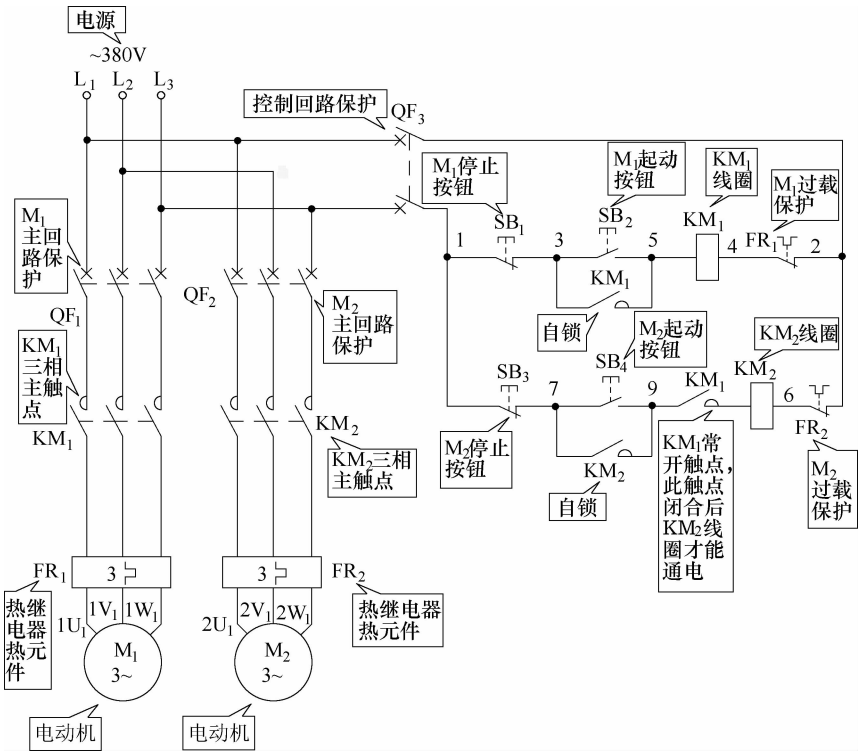


图 1-16　两台电动机联锁控制电路（二）

停止时有以下两种方式。

1）按顺序停止：先按下 SB_3，停止交流接触器 KM_2，使电动机 M_2 先停止，再按下 SB_1，停止交流接触器 KM_1，来停止电动机 M_1。

2）同时停止：停止时直接按下 SB_1，交流接触器 KM_1、KM_2 线圈同时失电释放，各自的三相主触点均断开，两台电动机 M_1、M_2 同时失电停止工作。

★电路 16　电动机加密控制电路

电动机加密控制电路如图 1-17 所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

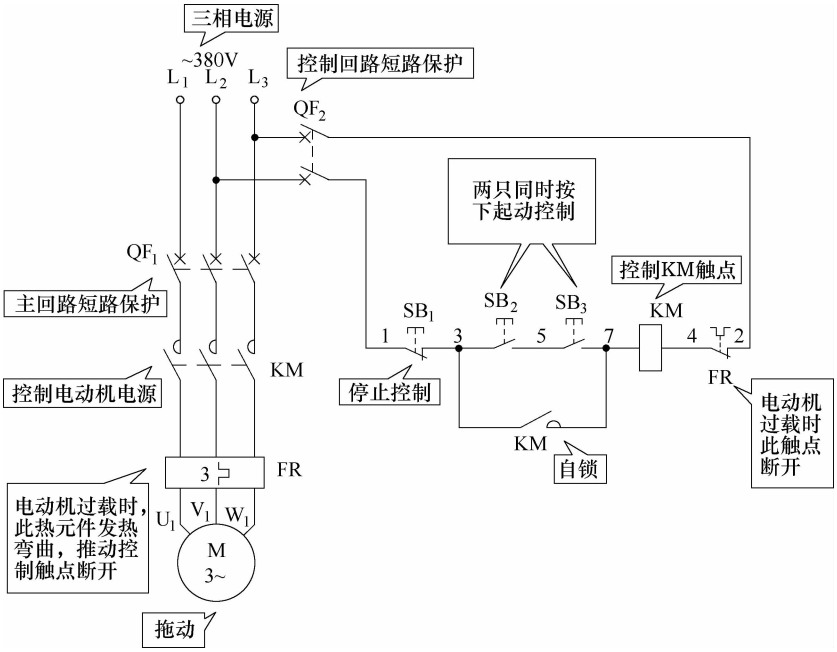


图 1-17　电动机加密控制电路

1. 起动

为了防止他人误按下起动按钮开关造成事故，在电路中进行加密，实际上所谓的加密，就是采用两只按钮 SB_2（3-5）和 SB_3（5-7）串联起来，在起动时必须同时按下方可完成动作操作。起动时，同时按下起动按钮 SB_2（3-5）和 SB_3（5-7），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。

2. 停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

★电路 17　电动机间歇运行控制电路（一）

电动机间歇运行控制电路（一）如图 1-18 所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

顾名思义，间歇运行就是设备工作一会儿再停止一段时间，然后再运转一会儿再停止一段时间，如此重复工作下去。如机床设备上的自动间歇润滑控制系统。

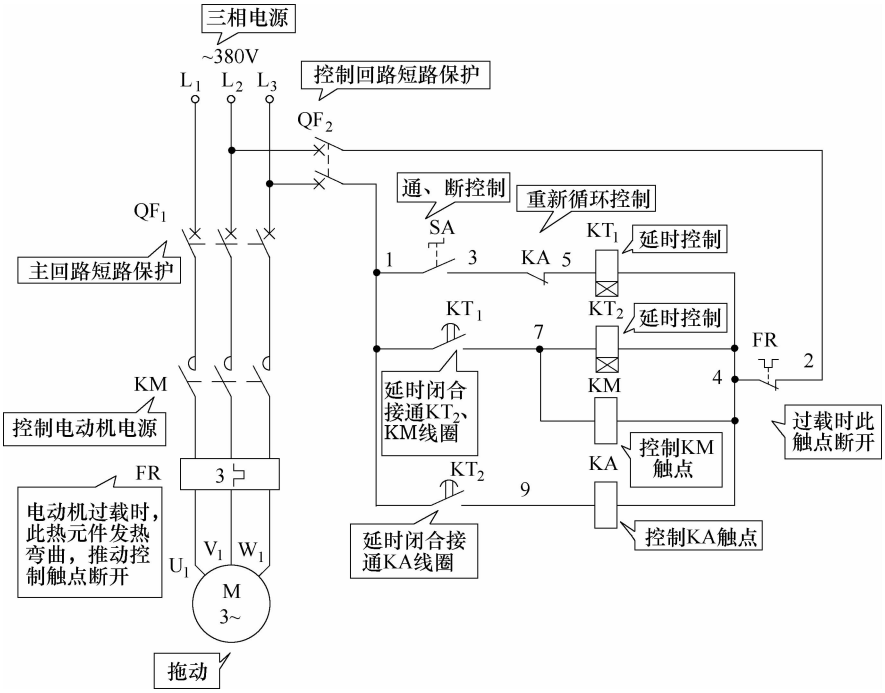


图 1-18　电动机间歇运行控制电路（一）

需工作时，合上转换开关 SA（1-3）后，此时电动机不会起动运转，其原因是时间继电器 KT_1 延时时间未到，仍处于断开状态。交流接触器 KM 线圈得不到控制电源而不能工作。

当到达时间继电器 KT_1 延时时间（设定时间，此时间就是电动机的停止时间，即间歇时间）时，KT_1 延时闭合的常开触点（1-7）闭合，此时，交流接触器 KM 和另一只时间继电器 KT_2 线圈同时得电吸合工作，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。

而 KT_2 时间继电器又开始延时（此时间就是电动机的运转时间），经 KT_2 延时时间后，KT_2 延时闭合的常开触点（1-9）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 串联在时间继电器 KT_1 线圈回路中的常闭触点（3-5）断开，切断了时间继电器 KT_1 线圈回路电源，KT_1 线圈断电释放，交流接触器 KM 以及时间继电器 KT_2 线圈均断电释放，中间继电器 KA 线圈也因 KT_2 触点（1-9）恢复常开而释放，电路恢复原始状态，KM 三相主触点断开，电动机失电停止工作。如此重复完成间歇运行。

该电路中时间继电器 KT_1、KT_2 为得电延时时间继电器，其延时时间可根据实际需要分别调整。

★电路 18　电动机间歇运行控制电路（二）

电动机间歇运行控制电路（二）如图 1-19 所示。

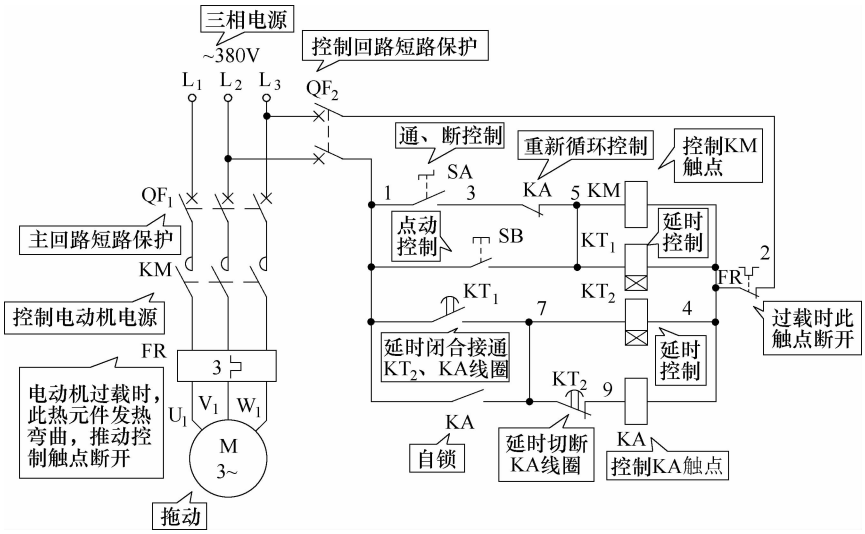


图 1-19　电动机间歇运行控制电路（二）

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

工作时合上控制转换开关 SA（1-3），此时交流接触器 KM、时间继电器 KT_1 线圈得电吸合工作，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。经一段延时后（即运转时间），KT_1 延时闭合的常开触点（1-7）闭合，使中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（1-7）闭合自锁，KA 常闭触点（3-5）断开，切断了交流接触器 KM、时间继电器 KT_1 线圈回路电源，KM 三相主触点断开，切断了电动机电源，电动机失电停止运转。同时，时间继电器 KT_2 线圈得电吸合并开始延时（其延时时间为电动机停止运转时间），经 KT_2 延时后，KT_2 延时断开的常闭触点（7-9）切断了中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 线圈断电释放，其串联在 KM、KT_1 线圈回路中的常闭触点（3-5）恢复原始状态，此时 KM、KT_1 线圈又得电吸合，KM 三相主触点又闭合，电动机又得电运转了。重复上述过程，从而实现电动机的间歇运转。

★电路 19　起动、停止、点动混合电路（一）

起动、停止、点动混合电路（一）如图 1-20 所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

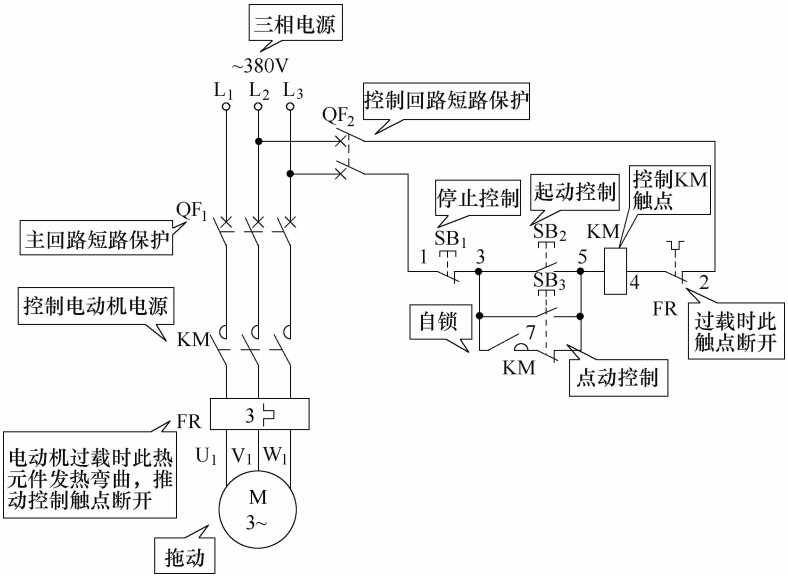


图 1-20　起动、停止、点动混合电路（一）

1. 起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-7）与点动按钮 SB_3 的一组常闭触点（5-7）相串联组成自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，拖动设备工作。

2. 停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，拖动设备停止工作。

3. 点动

按下点动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（5-7）断开，解除自锁，SB_3 的另一组常开触点（3-5）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，拖动设备工作；松开点动按钮 SB_3，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，拖动设备停止工作。

★电路 20　起动、停止、点动混合电路（二）

起动、停止、点动混合电路（二）如图 1-21 所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 起动

将转换开关 SA（3-7）合上，接通自锁回路，为自锁回路工作做准备。按下

起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，拖动设备工作。

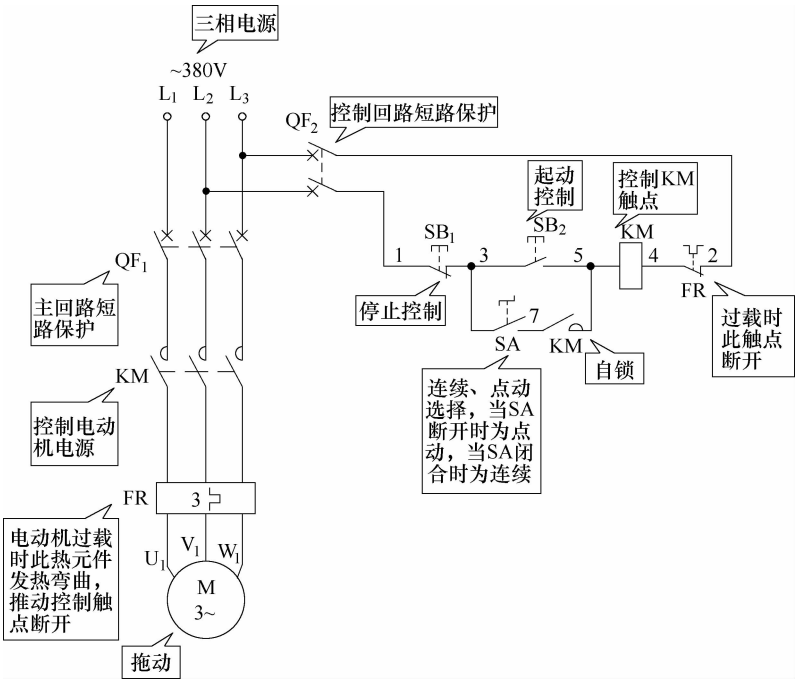


图 1-21　起动、停止、点动混合电路（二）

2. 停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，拖动设备停止工作。

3. 点动

将转换开关 SA（3-7）断开，切断自锁回路，解除自锁。按下起动按钮 SB_2（3-5）不松手，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，拖动设备工作；松开起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，拖动设备点动停止工作。

★电路 21　起动、停止、点动混合电路（三）

起动、停止、点动混合电路（三）如图 1-22 所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 起动

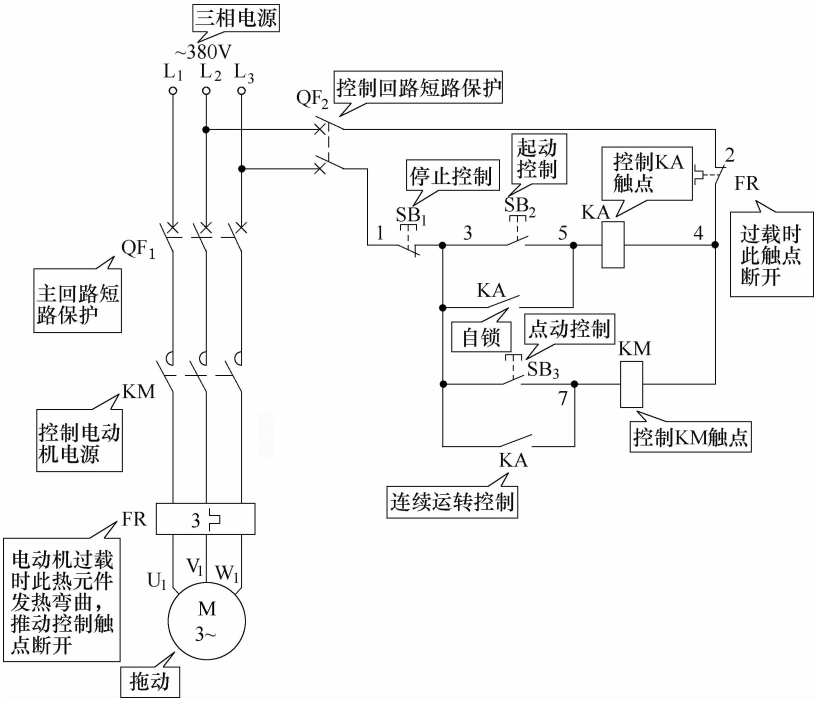


图 1-22　起动、停止、点动混合电路（三）

按下起动按钮 SB_2（3-5），中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（3-5）闭合自锁，KA 常开触点（3-7）闭合接通交流接触器 KM 线圈电源，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作，拖动设备开始工作。

2. 停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），中间继电器 KA 线圈断电释放，KA 常开触点（3-5、3-7）断开，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，拖动设备停止工作。

3. 点动

按下点动按钮 SB_3（3-7）不松手，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作，拖动设备工作；松开点动按钮 SB_3（3-7），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，拖动设备点动停止工作。

★电路 22　起动、停止、点动控制电路（四）

电路如图 1-23 所示，本电路的特点如下：

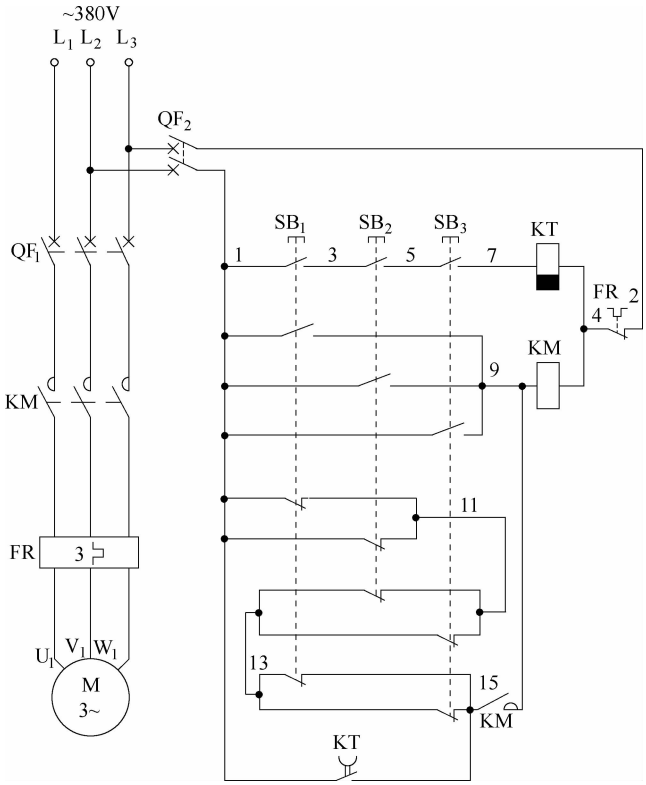


图 1-23　单向起动、停止、点动控制电路（四）

1）起动时需将三只按钮 SB_1、SB_2 和 SB_3 同时按下才能实现。

2）点动时按下任何一只按钮 SB_1、SB_2 或 SB_3 均可完成。

3）停止时必须同时按下任何两只按钮才可对其进行停止操作，即同时按下 SB_1 和 SB_2、SB_1 和 SB_3 或 SB_2 和 SB_3。

★电路 23　起动、停止、点动控制电路（五）

电路如图 1-24 所示。

1. 点动控制

任意按下按钮 SB_1 或 SB_2 均可实现点动操作。按下 SB_1 或 SB_2 时，其常闭触点（1-7、7-9）断开，切断自锁回路，无法实现自锁。

2. 起动

同时按下按钮 SB_1 和 SB_2，此时其自锁常闭触点（1-7、7-9）均断开，而另一组自锁回路过渡一会儿（1s）后自动撤出。也就是说，当同时按下按钮 SB_1 和 SB_2 时，其常开触点（1-11、11-13）均闭合，使失电延时时间继电器 KT 线圈

得电吸合，KT 失电延时断开的常开触点（3-5）立即闭合，为松开按钮后延时切除过渡自锁回路做准备。在同时按下按钮 SB_1 和 SB_2 时，与 SB_1 和 SB_2 相关联的常开触点（1-5、1-5）均闭合，使交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 的两组辅助常开触点（1-3、5-9）均闭合。在按钮 SB_1 和 SB_2 未同时松开前，先用 KM 的一组辅助常开触点（1-3）与失电延时断开的常开触点（3-5）进行过渡自锁；同时松开按钮 SB_1 和 SB_2 后，KT 线圈断电释放，KT 开始延时。在按钮 SB_1 和 SB_2 松开后，SB_1 和 SB_2 的一组常闭触点（1-7、7-9）闭合，与已闭合的 KM 的一组辅助常开触点（5-9）组成自锁回路。也就是说，在过渡自锁回路未解除前，此自锁回路又并联了上来，这样，经 KT 一段延时（1s）后，KT 串联在 KM 过渡自锁回路中的失电延时断开的常开触点（3-5）断开，切断 KM 过渡自锁回路。在 KM 线圈得电吸合后，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动连续运转。

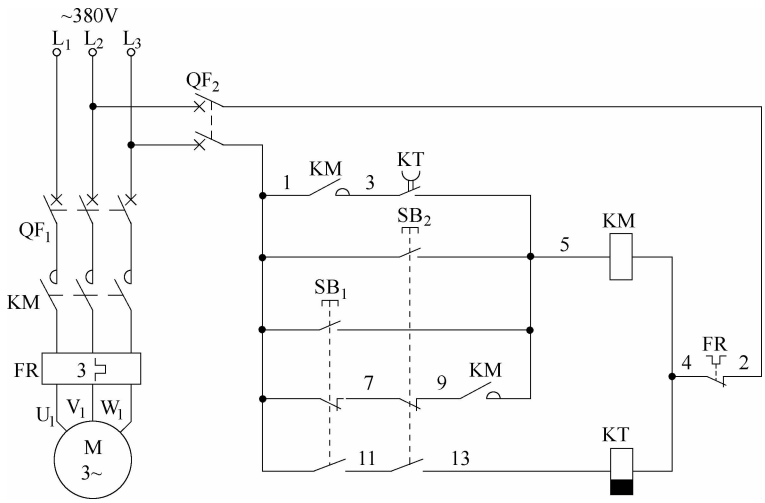


图 1-24　单向起动、停止、点动控制电路（五）

3. 停止

在电动机得电起动连续运转后，欲停止时，任意按动一下按钮 SB_1 或 SB_2 即可。从原理图中可以看出，SB_1 和 SB_2 各自的常闭触点（1-7、7-9）与自锁触点 KM（5-9）是串联的，任意一只断开均会切断 KM 自锁回路，使 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

★电路 24　起动、停止、点动控制电路（六）

电路如图 1-25 所示。

1. 点动

只按下 SB_2 时，实现点动操作，也就是说，在只按下按钮 SB_2 时，其常闭触

点（7-9）切断 KM 自锁回路，也不能使失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合动作，KT 失电延时断开的常开触点（3-5）不能闭合。这样，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电点动运转，从而实现点动操作。按下 SB_2 按钮的时间即是电动机的点动运转时间。

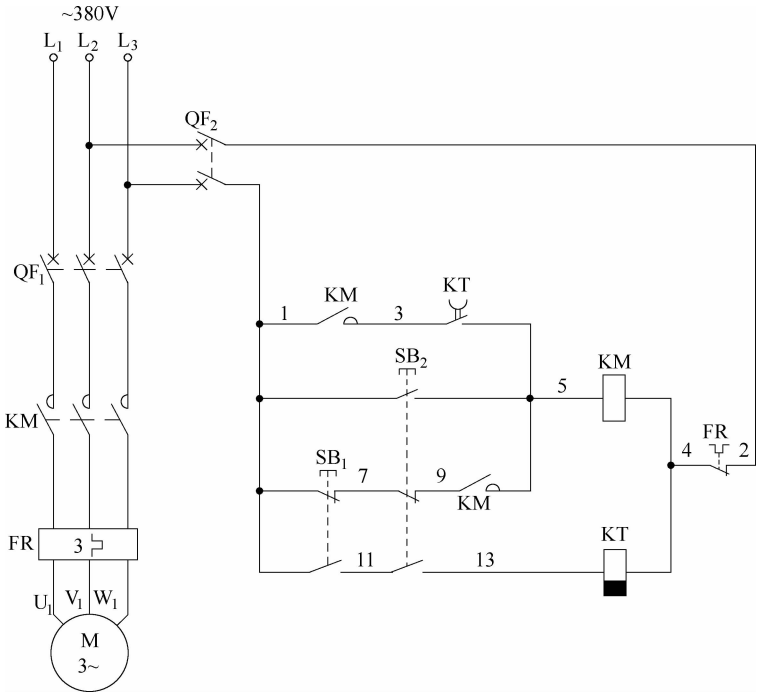


图 1-25　单向起动、停止、点动控制电路（六）

2. 起动

同时按下按钮 SB_1 和 SB_2，交流接触器 KM、失电延时时间继电器 KT 线圈均得电吸合，KM 辅助常开触点（1-3、5-9）闭合，KT 失电延时断开的常开触点（3-5）立即闭合，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。松开按钮 SB_1 和 SB_2，SB_1 和 SB_2 常开触点（1-11、11-13、1-5）均断开，KT 线圈断电释放，KT 开始延时，SB_1 和 SB_2 的常闭触点（1-7、7-9）均闭合形成自锁回路。经 KT 一段延时（1s）后，KT 失电延时断开的常开触点（3-5）断开，切除过渡自锁回路，从而完成对电动机进行的连续运转操作。

3. 停止

当电动机起动运转后，欲需停止，可任意按下 SB_1 或 SB_2，SB_1 或 SB_2 的常闭触点（1-7、7-9）断开，切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

★电路 25　起动、停止、点动控制电路（七）

电路如图 1-26 所示。其中，SB_1 按钮有两种作用：轻轻按下时为停止操作；将此按钮按到底时为点动操作。SB_2 为起动操作按钮，在操作此按钮时，按住 SB_2 的时间需大于 KT 的设定延时时间（设定为 5s），方可完成对电动机的连续运转控制。

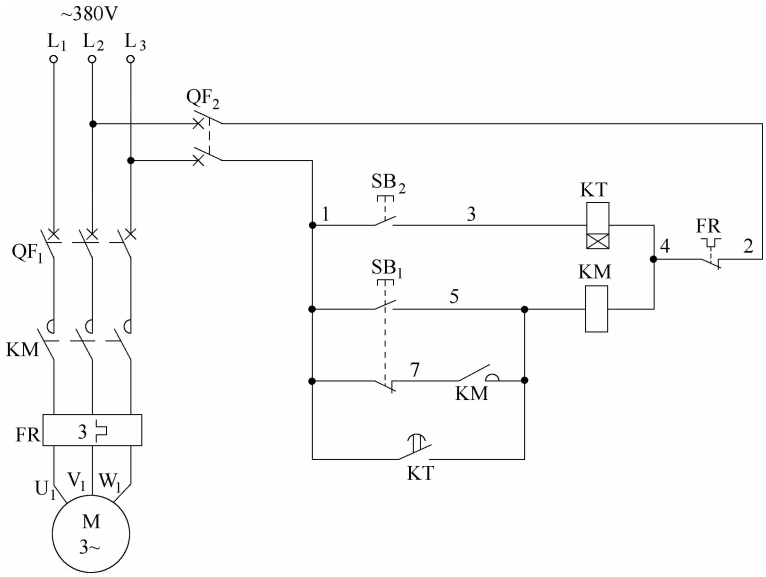


图 1-26　单向起动、停止、点动控制电路（七）

点动时，可随意按下点动按钮 SB_1 不放手，SB_1 的一组串联在 KM 自锁回路中的常闭触点（1-7）断开，切断 KM 的自锁回路，使 KM 线圈不能自锁；同时 SB_1 的另一组常开触点（1-5）闭合，接通交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。松开被按下的点动按钮 SB_1，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而实现点动操作。按下按钮 SB_1 到松开按钮 SB_1 的时间即是电动机的断续（点动）运转时间。

起动时，长时间按住起动按钮 SB_2（1-3），也就是说按下按钮 SB_2 的时间要大于 KT 的设定延时时间，得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合并开始延时。注意在按下按钮 SB_2 时到 KT 延时时间结束前，电动机处于停止运转状态。经 KT 一段延时（5s）后，KT 得电延时闭合的常开触点（1-5）闭合，接通交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电连续起动运转。此时可松开被按下的起动

按钮 SB_2（1-3），得电延时时间继电器 KT 线圈断电释放，KT 得电延时闭合的常开触点（1-5）恢复原始常开状态，为停止操作做准备。

停止时，轻轻按下点动按钮 SB_1，SB_1 的一组串联在 KM 线圈自锁回路中的常闭触点（1-7）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

★电路 26　起动、停止、点动控制电路（八）

电路如图 1-27 所示。图中，SA 为三挡 LAY7-20X/33 型自动复位式转换开关，此开关无论被扳至①挡位置还是②挡位置，当松开此转换开关时，自动回到中间停止“0”位置上。

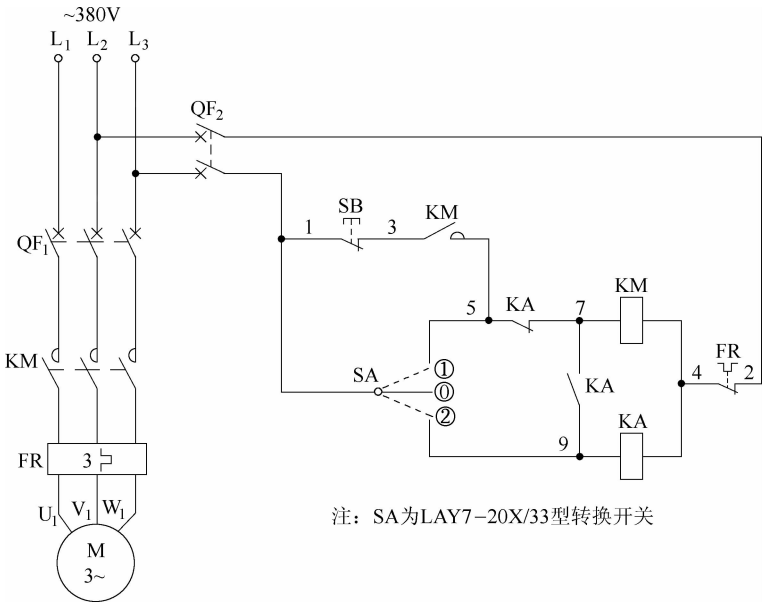


图 1-27　单向起动、停止、点动控制电路（八）

点动时，将 SA 扳向“2”位置（1-9）不放手，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常闭触点（5-7）断开，切断交流接触器 KM 线圈的自锁回路，KA 常开触点（7-9）闭合，接通 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；松开转换开关 SA，SA 自动回到停止“0”位置上，此时 SA 触点（1-9）断开，中间继电器 KA 线圈断电释放，KA 常开触点（7-9）断开，切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。扳动 SA 转换开关的时间即是电动机的点动运转时间。

起动时，将转换开关 SA 扳至“1”位置（1-5）后松开，交流接触器 KM 线

圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

停止时，按下停止按钮 SB（1-3），断切交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

★电路 27　起动、停止、点动控制电路（九）

本电路采用三只常开按钮对电动机进行起动、点动、停止控制（见图 1-28）。

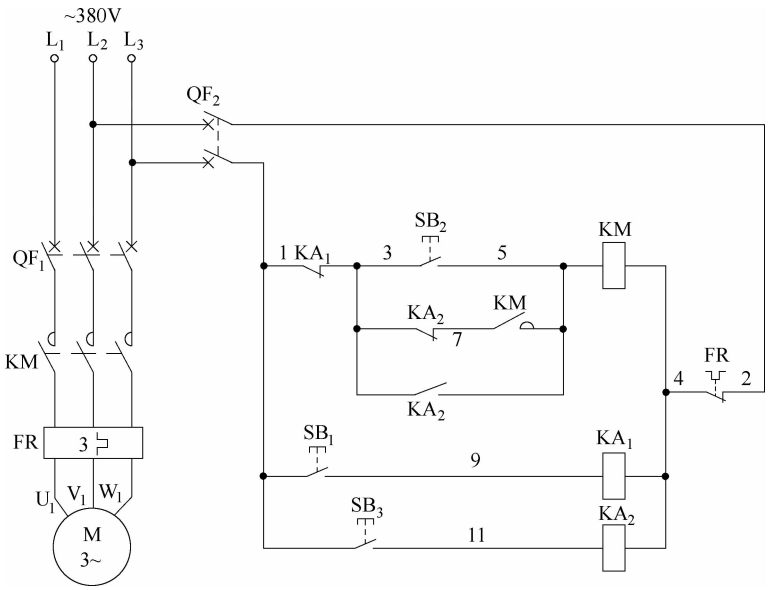


图 1-28　单向起动、停止、点动控制电路（九）

点动时，按住点动按钮 SB_3（1-11）不放手，中间继电器 KA_2 线圈得电吸合，KA_2 的一组常闭触点（3-7）断开，切断 KM 的自锁回路，使 KM 线圈回路不能自锁；KA_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，接通交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。松开被按住的点动按钮 SB_3（1-11），中间继电器 KA_2 线圈断电释放，KA_2 常开触点（3-5）恢复常开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而实现点动操作。按下点动按钮 SB_3 到松开按钮 SB_3 的时间即是点动操作时间，也就是电动机的断续运转时间。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动连续运转。

停止时，按下停止按钮 SB_1（1-9），中间继电器 KA_1 线圈得电吸合，KA_1 串联在交流接触器 KM 线圈回路中的常闭触点（1-3）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。松开停止按钮 SB_1（1-9），中间继电器 KA_1 线圈断电释放，KA_1 常闭触点（1-3）恢复常闭，为电路重新起动工作做准备。

★电路 28　起动、停止、点动控制电路（十）

本电路（见图 1-29）是采用两只按钮实现起动、停止、点动控制的。其中 SB_1 的作用有两种：一是点动控制；二是当连续起动运转后，需停止时，可轻轻按一下点动按钮来实现。需注意的是，在进行停止时，可轻轻按下 SB_1，即使将 SB_1 按到底了，也应尽早松开，按下 SB_1 的时间越短越好，否则会出现继续点动操作。

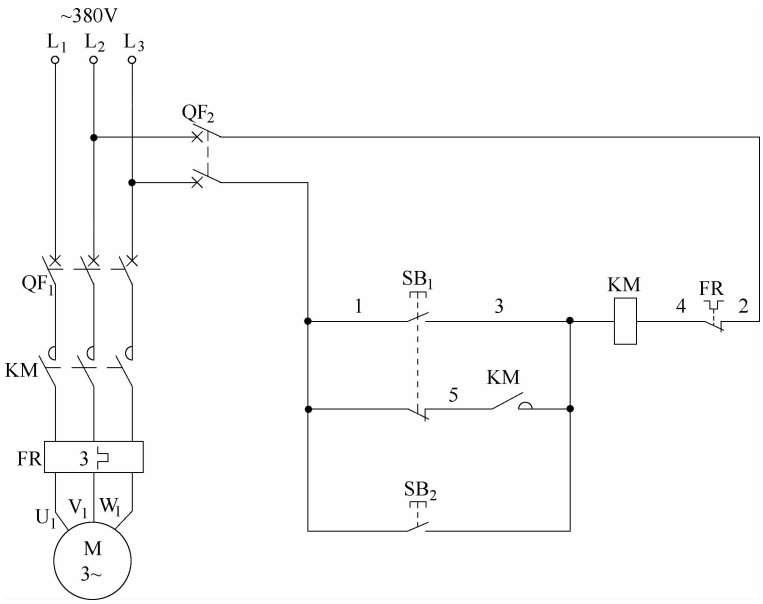


图 1-29　单向起动、停止、点动控制电路（十）

起动时，按下起动按钮 SB_2（1-3），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

点动时，按下点动按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（1-5）断开，切断交流接触器 KM 的自锁回路，使 KM 自锁回路断开而不能自锁；SB_1 的另一组常开触点（1-3）闭合，使交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。松开点动按钮 SB_1，其触点恢复原始状态，KM 线圈断电释放，KM

三相主触点断开，电动机失电停止运转，为点动工作。按下点动按钮 SB_1 的时间即是电动机点动运转的时间。

在按下起动按钮 SB_2 后，电动机为连续运转工作状态。需停止时，可轻轻按一下点动按钮 SB_1 来实现。因为轻轻按下按钮 SB_1 时，其常闭触点先断开，切断 KM 的自锁回路，使 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转；而按钮 SB_1 的常开触点因有一定行程，所以轻轻按下时，还不会将此常开触点接通，从而实现停止操作。即使将 SB_1 按到底了也不要紧，只要立即松开 SB_1，电动机就会失电停止运转。

★电路 29　起动、停止、点动控制电路（十一）

本电路有以下特点：任意按下 SB_2 或 SB_3 按钮时为点动操作；同时按下 SB_2 和 SB_3 两只按钮时为连续起动运转操作。本电路还有一个优点：若将 SB_2 和 SB_3 两只按钮分别安装，可防止他人误按造成事故。因为即使误按 SB_2 或 SB_3，因其均为点动操作，也不会使设备出现连续运转（见图 1-30）。

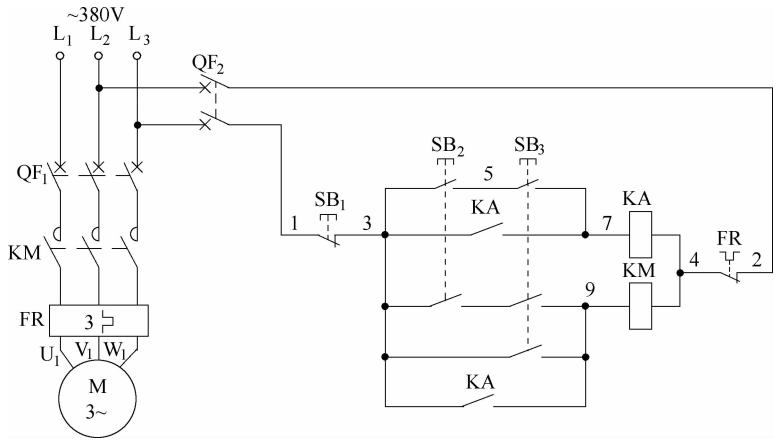


图 1-30　单向起动、停止、点动控制电路（十一）

起动时，同时按下按钮 SB_2 和 SB_3，中间继电器 KA 和交流接触器 KM 线圈均得电吸合，KA 的一组常开触点（3-7）闭合，将 KA 线圈自锁起来；KA 的另一组常开触点（3-9）闭合，使 KM 线圈继续得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电连续运转工作。

停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3），中间继电器 KA 和交流接触器 KM 线圈均断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

点动时，任意按住按钮 SB_2 或 SB_3 中的一只时，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；松开被按下的按钮 SB_2 或 SB_3，

交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而实现点动操作，按住 SB_2 或 SB_3 的时间即是电动机断续运转时间，也就是点动时间。

★电路 30　起动、停止、点动控制电路（十二）

电路如图 1-31 所示。

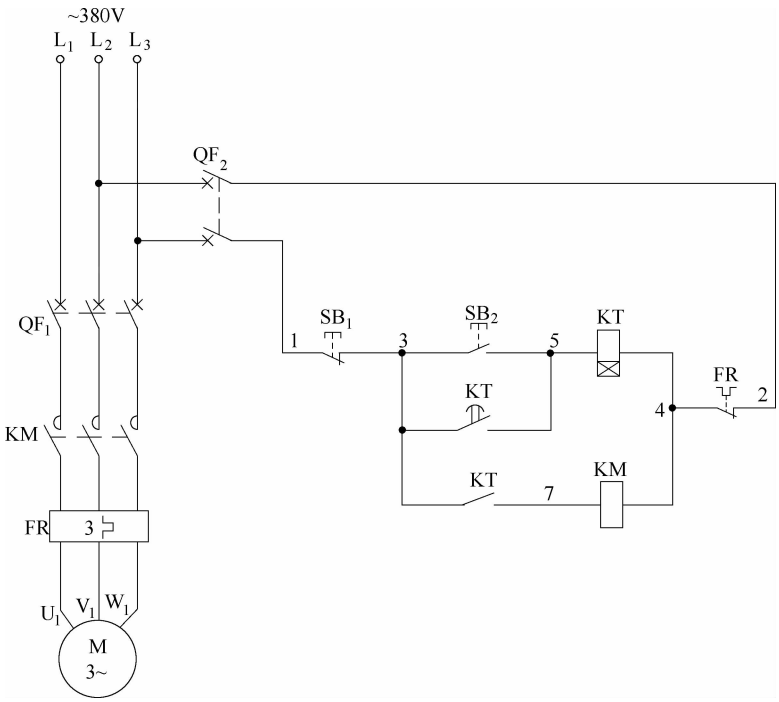


图 1-31　单向起动、停止、点动控制电路（十二）

短时间按住起动按钮 SB_2（3-5）（未超出 KT 的设定延时时间），得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 开始延时，KT 不延时瞬动常开触点（3-7）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；在 KT 的延时时间内，松开 SB_2（3-5），KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。按下 SB_2（3-5）的时间也就是电动机的点动运转时间。

长时间按住起动按钮 SB_2（3-5）不放，KT 线圈得电吸合并开始延时，KT 不延时瞬动常开触点（3-7）闭合，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。经 KT 一段延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（3-5）闭合，将 KT 线圈回路自锁起来，电动机连续运转。此时松开 SB_2（3-5）即可。

★电路 31　起动、停止、点动控制电路（十三）

电路如图 1-32 所示。本电路的特点是：同时按下按钮 SB_1、SB_2 和 SB_3 时为连续起动运转控制；同时按下按钮 SB_1 和 SB_2、SB_1 和 SB_3 或 SB_2 和 SB_3 时为点动控制；任意按下按钮 SB_1、SB_2、SB_3 时为停止控制。

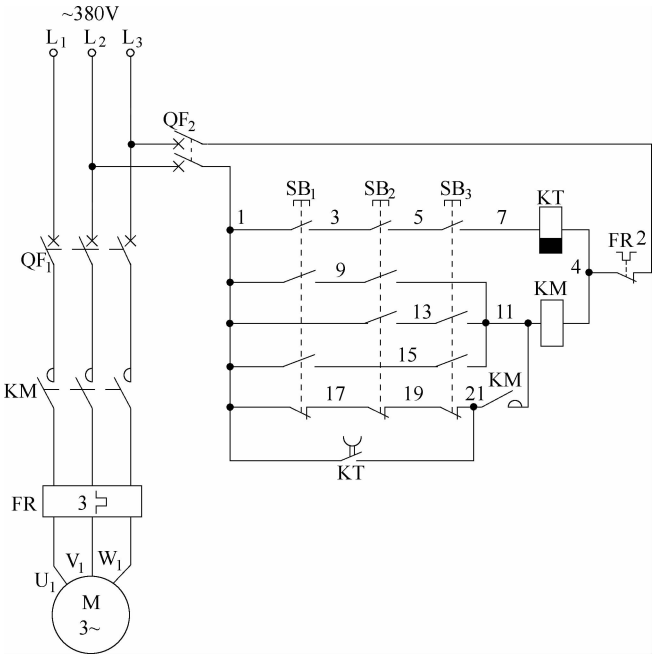


图 1-32　单向起动、停止、点动控制电路（十三）

★电路 32　起动、停止、点动控制电路（十四）

电路如图 1-33 所示。

1. 起动

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（3-5）闭合，而 SB_2 的另一组常开触点（5-7）虽闭合但无用，此时交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

2. 停止

轻轻按下停止按钮 SB_1，其常闭触点（1-3）断开，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

3. 点动

必须先将停止按钮 SB_1 按到底，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，切断交流接触器 KM 线圈的自锁回路，SB_1 的另一组常开触点（1-7）闭合，为点动做

好准备；此时再通过按动按钮 SB_2 的时间长短来实现点动操作，这样，当按下按钮 SB_2 时，其一组常开触点（3-5）闭合不起作用，SB_2 的另一组常开触点（5-7）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转；同时松开按钮 SB_2 和 SB_1 或先松开 SB_2 后松开 SB_1（注意，必须先松开 SB_2 后再松开 SB_1，否则会出现再起动运转问题），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而完成点动控制。

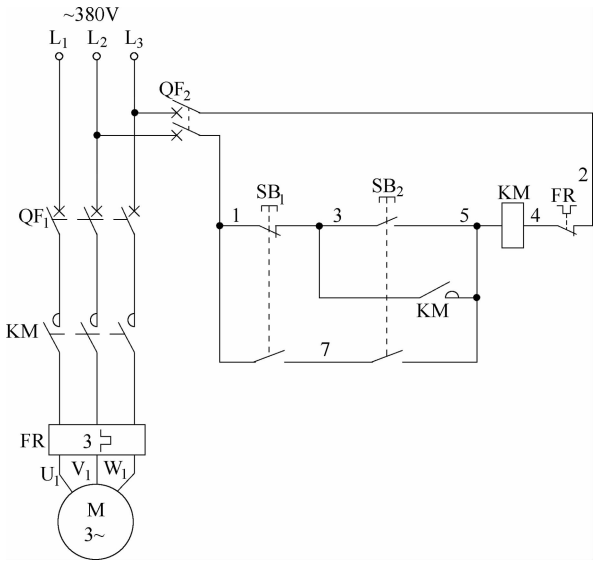


图 1-33　单向起动、停止、点动控制电路（十四）

电路中停止按钮 SB_1 有两种作用：轻轻按下时为停止控制；将 SB_1 先按到底，再按动起动按钮 SB_2 可实现点动控制。起动按钮 SB_2 也有两种作用：只按下按钮 SB_2 时为连续运转起动控制；同时按下停止按钮 SB_1 和起动按钮 SB_2 时为点动控制。

★电路 33　起动、停止、点动控制电路（十五）

电路如图 1-34 所示。

1. 起动

合上转换开关 SA，其常开触点（3-7）闭合，为交流接触器 KM 线圈回路自锁提供条件。按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动连续运转。

2. 停止

轻轻按下停止按钮 SB_1，其常闭触点（1-3）断开，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

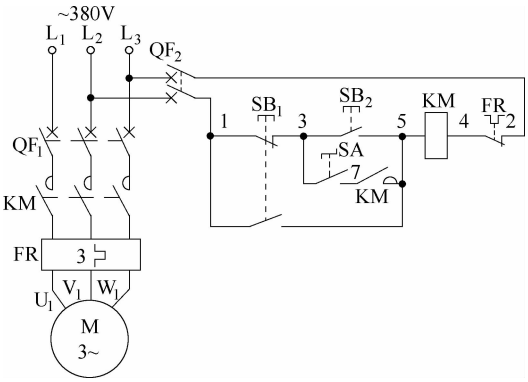


图 1-34　单向起动、停止、点动控制电路（十五）

断开转换开关 SA，其常开触点（3-7）恢复常开状态，同样也可以代替停止按钮 SB_1 对电动机进行停止控制，当转换开关 SA 断开时，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

3. 点动

本例有两种点动方式：

1）无论转换开关 SA（3-7）处于何种状态，只要将停止按钮 SB_1 按到底，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，切断交流接触器 KM 线圈的自锁回路；SB_1 的另一组常开触点（1-5）闭合，接通交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；松开停止按钮 SB_1，其常开触点（1-5）断开，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而实现点动控制。按住停止按钮的时间就是电动机点动运转的时间。

2）转换开关 SA（3-7）处于断开状态，切断交流接触器 KM 线圈的自锁回路，使其不能形成自锁。此时按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；松开起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而完成点动控制。

电路中，停止按钮 SB_1 有两种作用：轻轻按下时为停止控制；将此按钮按到底时为点动控制。起动按钮 SB_2 也有两种作用：在断开 SA 转换开关时为点动控制；在闭合 SA 转换开关时为连续运转控制。

★电路 34　起动、停止、点动控制电路（十六）

电路如图 1-35 所示。本电路的特点如下。

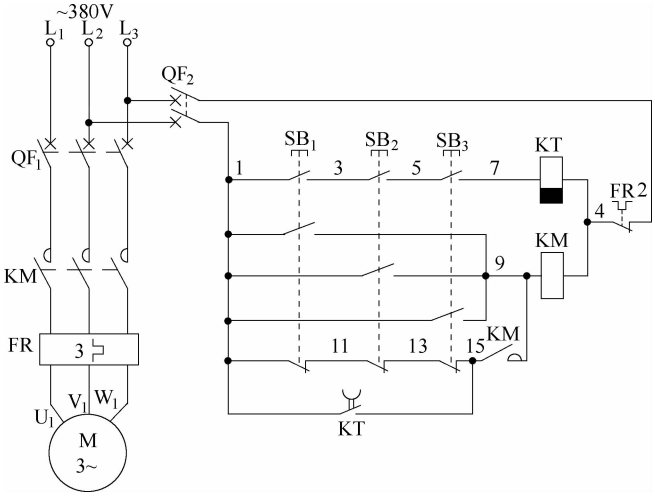


图 1-35　单向起动、停止、点动控制电路（十六）

1）连续起动：需将按钮 SB_1、SB_2、SB_3 同时按下来完成。

2）点动：按下任何一只按钮 SB_1、SB_2 或 SB_3 均可实现。

3）停止：轻轻按下 SB_1、SB_2 或 SB_3 均可实现。

★电路 35　起动、停止、点动控制电路（十七）

电路如图 1-36 所示。

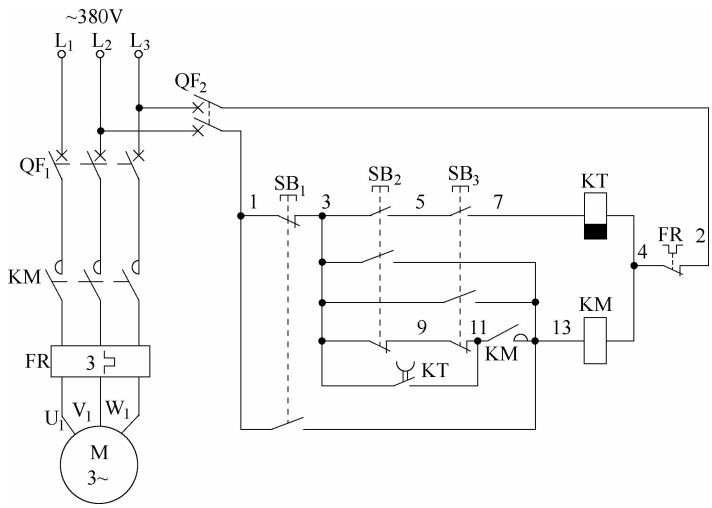


图 1-36　单向起动、停止、点动控制电路（十七）

1. 点动

任意按下按钮 SB_1、SB_2 或 SB_3，其常闭触点 SB_1（1-3）、SB_2（3-9）或 SB_3（9-11）断开，将交流接触器 KM 线圈的自锁回路切断，只能实现点动控制。此时，SB_1（1-13）、SB_2（3-13）或 SB_3（3-13）按钮中的任意一组常开触点闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；松开此类按钮，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而实现对电动机的点动控制。

2. 起动

同时按下按钮 SB_2 和 SB_3，SB_2（3-9）和 SB_3（9-11）常闭触点均断开，在连续起动操作中此触点先断开是无效的，此触点只有在点动操作时先断开才有效。

SB_2 和 SB_3 相串联的两组常开触点（3-5、5-7）闭合，使失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 失电延时断开的常开触点（3-11）立即闭合，为保证交流接触器 KM 自锁回路正常工作做准备；在按下按钮 SB_2 和 SB_3 的同时，SB_2 和 SB_3 并联在一起的常开触点（3-13、3-13）闭合，接通了交流接触器 KM 线圈回路电源，且 KM 辅助常开触点（11-13）闭合自锁，与早已闭合的 KT 失电延时断开的常开触点（3-11）形成自锁回路，KM 线圈继续得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转；松开按钮 SB_2 和 SB_3，失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放，KT 开始延时（其延时时间小于 2s）。当 KT 延时结束后，KT 失电延时断开的常开触点（3-11）断开，以保证在松开按钮 SB_2 和 SB_3 后，短时间内能保证 SB_2 和 SB_3 的常闭触点（3-9、9-11）可靠连续工作；当 KT 失电延时断开的常开触点（3-11）恢复常开后，为停止操作提供准备条件。

3. 停止

轻轻按下三只按钮 SB_1、SB_2、SB_3 中的任意一只，都将切断交流接触器 KM 线圈的自锁回路，使交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

注意：本电路在连续起动运转控制时必须同时按下按钮 SB_2 和 SB_3 方可实现，具有保密操作功能。

★电路 36　起动、停止、点动控制电路（十八）

电路如图 1-37 所示。

1. 起动

起动时，必须同时按下按钮 SB_1 和 SB_2，SB_1 和 SB_2 并联在一起的一组常闭触点（3-9）均断开，避免中间继电器 KA 线圈在交流接触器 KM 线圈得电吸合后，其辅助常开触点（9-11）闭合，接通 KA 线圈回路电源，使 KA 常闭触点（5-7）断开从而切断 KM 线圈回路电源。也就是说，SB_1 和 SB_2 并联在一起的常

闭触点（3-9）都断开，使 KA 线圈无法得电工作，其 KA 串联在 KM 线圈回路的常闭触点（5-7）也就为 KM 线圈起不了作用做好准备。此时，SB_1 和 SB_2 的另一组常开触点（1-3、3-5）串联起来共同组成与门电路，使交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（1-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。在 KM 线圈得电吸合的同时，KM 串联在 KA 线圈回路中的辅助常开触点（9-11）闭合，为停止做好准备。同时 KM 辅助常闭触点（1-13）断开，指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点（1-15）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机运转工作了。

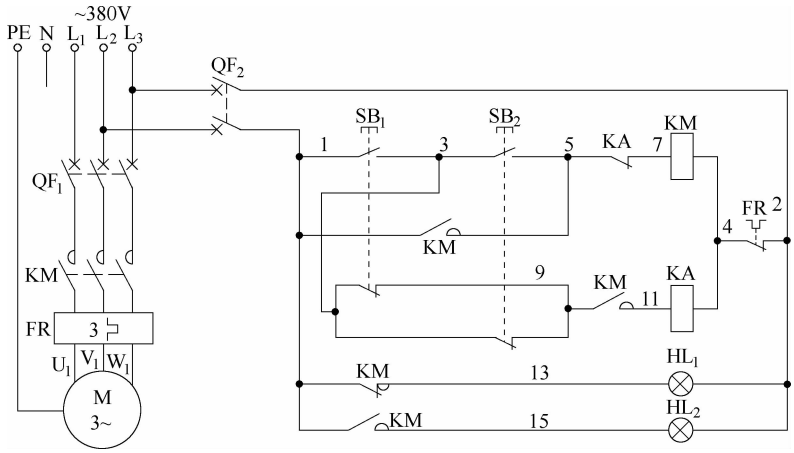


图 1-37　单向起动、停止、点动控制电路（十八）

2. 停止

电动机运转后，任意按下按钮 SB_1 或 SB_2（这里假设按下 SB_1），SB_1 的一组常开触点（1-3）闭合，使电源通过 SB_2 并联在 SB_1 常闭触点（3-9）上的另一组常闭触点（3-9）形成回路，使中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 串联在交流接触器 KM 线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 辅助常开触点（1-5）断开，解除自锁，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。同时指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机已停止运转了。假如按下 SB_2，那么 SB_2 的一组常开触点（3-5）闭合，使电源通过 SB_1 并联在 SB_2 常闭触点（3-9）上的另一组常闭触点（3-9）形成回路，也会使中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 串联在交流接触器 KM 线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 辅助常开触点（1-5）断开，解除自锁，KM 三相主触点断开，电动机将失电停止运转。同时指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机已停止运转了。也就是说，在电动机运转后，若想使其停止运转，按下 SB_1 或 SB_2 中的任何一只按钮，都会使交流接触器 KM 线圈断电释放，其三相主

触点断开，电动机失电停止运转。

3. 点动

先按住 SB_1、SB_2 中的任意一只按钮不放手，再点动操作另一只按钮，将会完成点动控制。倘若先按下按钮 SB_1 不放，SB_1 的一组常闭触点（3-9）首先断开，SB_1 的一组常开触点（1-3）闭合，为再按下另一只按钮 SB_2 使 KM 线圈工作做准备。此时再按下另一只按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（3-9）也断开，以防止 KA 线圈得电从而使其切断 KM 线圈回路电源；SB_2 的另一组常开触点（3-5）也闭合，与早已闭合的 SB_1 常开触点（1-3）而形成回路，接通 KM 线圈回路电源，KM 三相主触点闭合，使电动机得电运转工作。先松开后按下按钮 SB_2 时，虽然 SB_2 的一组常开触点（3-5）断开，但切不断 KM 的自锁回路电源，电动机会继续运转，但此时 SB_2 的另一组常闭触点（3-9）恢复常闭，与仍处于按下状态的常开触点（1-3）、已闭合的 KM 辅助常开触点（9-11）共同作用，使 KA 线圈得电吸合，KA 串联在 KM 线圈回路中的常闭触点（5-7）断开，使 KM 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电停止运转。也就是说，倘若按下按钮 SB_1 不松手，再按下或松开另一只按钮 SB_2 时，按下 SB_2 按钮的时间就是电动机点动运转时间，从而完成点动控制。由于本电路简单，倘若先按下 SB_2 不松手，再按下另一只按钮 SB_1，通过 SB_1 的闭合与断开，也能进行点动控制，这里不再赘述，请读者自行分析。

★电路 37　两只按钮同时长时间按下开机、再同时长时间按下关机的加密控制电路

这是一款加密电路，开机时必须同时将两只按钮按下并延时数秒钟，而关机时还需再同时将这两只按钮按下并延时数秒钟，如图 1-38 所示。为防止误操作，可将这两只按钮分别安装在不同地方。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. 保密开机

同时按住按钮 SB_1（1-3）、SB_2（3-5）不放手，得电延时时间继电器 KT_1 线圈得电，KT_1 不延时瞬动常开触点（5-7）闭合自锁并开始延时；同时 KT_1 不延时瞬动常闭触点（11-13）断开，切断得电延时时间继电器 KT_2 线圈回路电源，起到互锁保护作用。

经 KT_1 数秒钟延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（1-15）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（1-15）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电而起动运转；KM 辅助常闭触点（5-7）断开，KM 辅助常开触点（5-11）闭合，为关机做准备。与此同时，指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动

机起动运转了。此时，松开同时按住的按钮 SB_1（1-3）和 SB_2（3-5），得电延时时间继电器 KT_1 线圈断电释放，其所有触点均恢复原始状态，为关机做准备。

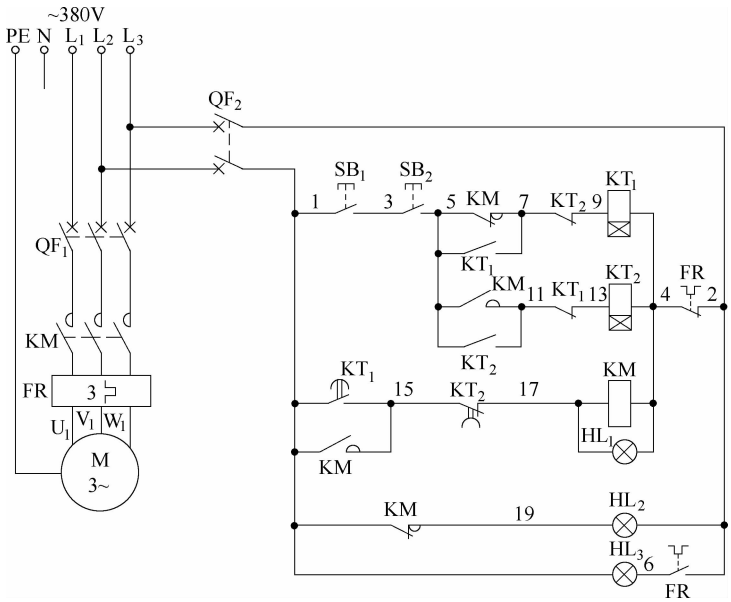


图 1-38　两只按钮同时长时间按下开机、再同时长时间按下关机的加密控制电路

2. 保密关机

再次同时按住按钮 SB_1（1-3）和 SB_2（3-5）不放手，得电延时时间继电器 KT_2 线圈在 KM 辅助常开触点（5-11）（早已闭合，为接通 KT_2 线圈做准备）的作用下得电吸合，KT_2 不延时瞬动常开触点（5-11）闭合自锁；KT_2 不延时瞬动常闭触点（7-9）断开，切断得电延时时间继电器 KT_1 线圈回路电源，使 KT_1 线圈回路不能得电，起到互锁保护作用。同时 KT_2 开始延时。

经 KT_2 数秒钟延时后，KT_2 得电延时断开的常闭触点（15-17）断开，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转。与此同时，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机停止运转了。此时，松开同时按住的按钮 SB_1（1-3）和 SB_2（3-5），得电延时时间继电器 KT_2 线圈断电释放，其所有触点均恢复原始状态，为下一次开机做准备。

★电路 38　多台电动机起停控制电路

如图 1-39 所示，这是一例比较典型的多台电动机独立起动、停止控制电路，可用起动按钮 SB_2、SB_4、SB_6 分别对电动机 M_1、M_2、M_3 进行起动控制；用停止

按钮 SB_1、SB_3、SB_5 分别对电动机 M_1、M_2、M_3 进行停止控制；通过各自的起动、停止指示灯来指示各台电动机的工作状态，还设有电动机过载指示。

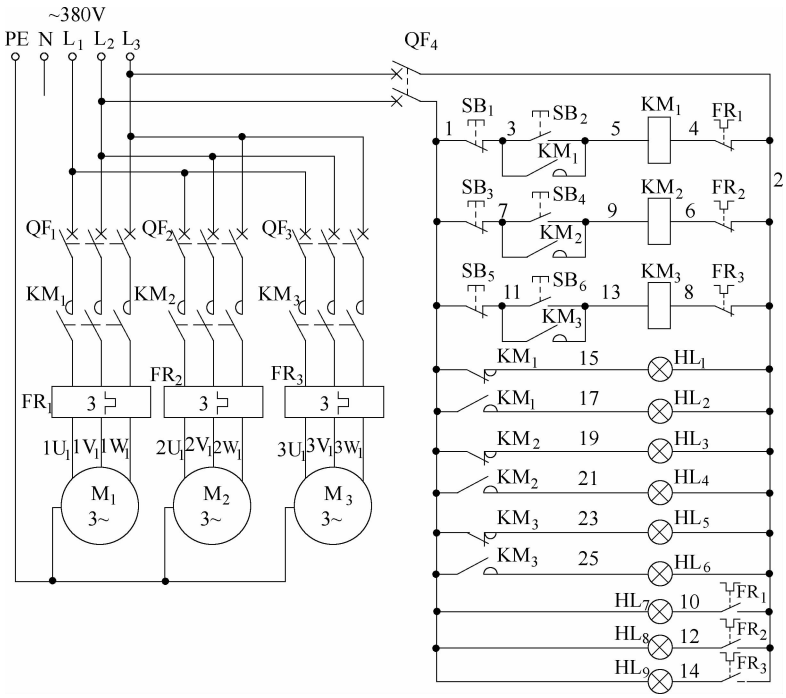


图 1-39　多台电动机起停控制电路

合上电动机 M_1 的保护断路器 QF_1、电动机 M_2 的保护断路器 QF_2、电动机 M_3 的保护断路器 QF_3、控制回路的过电流保护断路器 QF_4，停止兼电源指示灯 HL_1、HL_3、HL_5 点亮，说明电源正常。

1. 电动机 M_1 起动、停止控制及过载保护

起动时，按下电动机 M_1 的起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电运转。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-15）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-17）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转了。

停止时，按下电动机 M_1 的停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转。同时，KM_1 辅助常开触点（1-17）断开，指示灯 HL_2 灭；KM_1 辅助常闭触点（1-15）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机 M_1 已失电而停止运转。

当电动机 M_1 在运转中出现过载时，电动机定子绕组电流增大，使串联在电动机定子绕组回路中缠绕在热继电器 FR_1 双金属片上的电热丝发热，引起双金

属片弯曲动作，推动其控制常闭触点（2-4）动作断开，切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源，使 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转，从而起到过载保护作用。热继电器 FR_1 动作后，FR_1 控制常开触点（2-10）闭合，指示灯 HL_7 亮，以告知操作者电动机 M_1 已过载。查明过载原因后，可通过手动或自动方式使其复位。

2. 电动机 M_2 起动、停止控制及过载保护

起动时，按下电动机 M_2 的起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转。同时，KM_2 辅助常闭触点（1-19）断开，指示灯 HL_3 灭；KM_2 辅助常开触点（1-21）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机 M_2 起动运转了。

停止时，按下电动机 M_2 的停止按钮 SB_3（1-7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电而停止运转。同时，KM_2 辅助常开触点（1-21）断开，指示灯 HL_4 灭；KM_2 辅助常闭触点（1-19）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 已失电而停止运转。

当电动机 M_2 在运转中出现过载时，电动机定子绕组电流增大，使串联在电动机定子绕组回路中的缠绕在热继电器 FR_2 双金属片上的电阻丝发热，引起双金属片弯曲动作，推动其控制常闭触点（2-6）动作断开，切断交流接触器 KM_2 线圈回路电源，使 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电而停止运转，从而起到过载保护作用。热继电器 FR_2 动作后，FR_2 控制常开触点（2-12）闭合，指示灯 HL_8 亮，以告知操作者电动机 M_2 已过载。查明过载原因后，可通过手动或自动方式使其复位。

3. 电动机 M_3 起动、停止控制及过载保护

起动时，按下电动机 M_3 的起动按钮 SB_6（11-13），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（11-13）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 得电运转。同时，KM_3 辅助常闭触点（1-23）断开，指示灯 HL_5 灭；KM_3 辅助常开触点（1-25）闭合，指示灯 HL_6 亮，说明电动机 M_3 起动运转了。

停止时，按下电动机 M_3 的停止按钮 SB_5（1-11），交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 失电而停止运转。同时，KM_3 辅助常开触点（1-25）断开，指示灯 HL_6 灭；KM_3 辅助常闭触点（1-23）闭合，指示灯 HL_5 亮，说明电动机 M_3 已失电而停止运转。

当电动机 M_3 在运转中出现过载时，电动机定子绕组电流增大，使串联在电动机定子绕组回路中的缠绕在热继电器 FR_3 双金属片上的电阻丝发热，引起双金属片弯曲动作，推动其控制常闭触点（2-8）动作断开，切断交流接触器 KM_3 线圈回路电源，使 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 失电而停止运转，从而起到过载保护作用。当热继电器 FR_3 动作后，FR_3 控制常开触点

（2-14）闭合，指示灯 HL_9 亮，以告知操作者电动机 M_3 已过载。查明过载原因后，可通过手动或自动方式使其复位。

★电路 39　新颖实用的单只按钮控制电动机点动、起动、停止电路

本例利用单只按钮实现点动、起动、停止控制，如图 1-40 所示。在 KT 延时时间内按下按钮 SB 再松开为点动操作；在 KT 延时时间结束后按下按钮 SB 再松开为起动及连续运转操作；当电动机起动并连续运转后，瞬时按下按钮 SB 就可实现停止操作。KT 延时时间设置为 5s，也可以根据实际应用中的点动时间来设定。

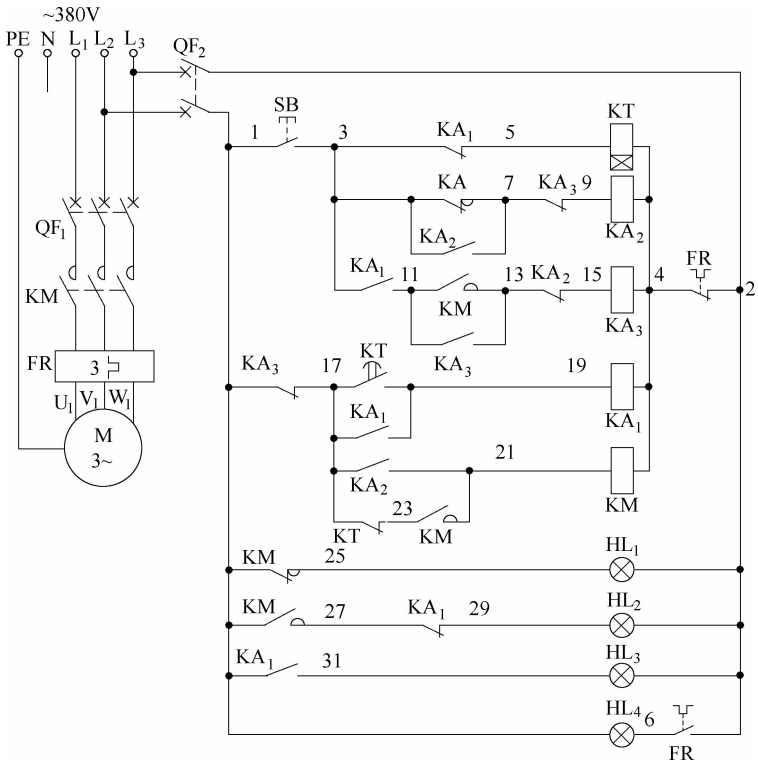


图 1-40　新颖实用的单只按钮控制电动机点动、起动、停止电路

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电动机处于停止状态且电源正常。

1. 点动

在 KT 延时时间内按住按钮 SB（1-3），得电延时时间继电器 KT、中间继电器 KA_2 线圈得电吸合，KA_2 常闭触点（13-15）断开，起到互锁作用，KT 不延

时瞬动常闭触点（17-23）断开，切断交流接触器 KM 自锁回路；KA_2 常开触点（17-21）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转。在 KM 线圈得电吸合的同时，KM 辅助常闭触点（3-7）断开，在 KM 自锁工作后限制 KA_2 线圈再次通电工作；KM 辅助常开触点（1-25）断开，指示灯 HL_1 灭；KM 辅助常开触点（11-13）闭合，为 KM 自锁工作后允许第二次按下按钮 SB 时 KA_3 线圈回路工作做准备；KM 辅助常开触点（1-27）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机点动运转了。

需要结束点动运转时（未超出延时设定时间），松开按钮 SB（1-3），得电延时时间继电器 KT、中间继电器 KA_2 线圈均断电释放，KT、KA_2 所有触点恢复原始状态，KM 线圈也断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转。同时，指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机已停止运转。

也就是说，在 KT 延时时间内可任意多次按动按钮 SB 来进行点动操作。

2. 起动及连续运转

长时间（超出 KT 延时时间）按住按钮 SB（1-3）的时间超出 KT 延时时间，KT、KA_2 线圈得电吸合，KA_2 常开触点（17-21）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电而起动运转；KT 不延时常开触点（17-23）断开，切断 KM 自锁回路。在 KM 线圈得电吸合的同时，KM 辅助常闭触点（3-7）断开，为限制 KM 自锁后不再让 KA_2 得电吸合做准备；KM 辅助常开触点（11-13）闭合，为再次按动按钮 SB（1-3）做准备。与此同时，KM 辅助常闭触点（1-25）断开，指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点（1-27）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机点动运转工作了。

KT 延时结束后，KT 得电延时闭合的常开触点（17-19）闭合，中间继电器 KA_1 线圈得电吸合，KA_1 常开触点（17-19）闭合自锁；KA_1 常闭触点（3-5）断开，切断 KT 线圈电源；KA_1 常开触点（3-11）闭合，为停止时接通中间继电器 KA_3 线圈回路做准备。KT 不延时常闭触点（17-23）恢复常闭，与 KM 辅助常开触点（21-23）共同组成 KM 自锁回路，KM 线圈自锁工作。KT 延时结束后，KT 得电延时闭合的常开触点（17-19）闭合，中间继电器 KA_1 线圈得电吸合，KA_1 常开触点（17-19）闭合自锁；KA_1 常闭触点（3-5）断开，切断 KT 线圈电源；KA_1 常开触点（3-11）闭合，为停止时接通中间继电 KA_3 线圈回路做准备工作，KT 不延时常闭触点（17-23）恢复常闭与 KM 辅助常开触点（21-23）共同组成 KM 自锁回路与 KM 线圈自锁工作。与此同时，KA_1 常闭触点（27-29）断开，点动指示灯 HL_2 灭；KA_1 常开触点（1-31）闭合，连续运转指示灯 HL_3 亮，说明电动机已连续运转。

当指示灯 HL_3 点亮后，松开按钮 SB（1-3），中间继电器 KA_2 线圈断电释放，KA_2 所有触点恢复原始状态，为再次按下 SB（1-3）停止电动机做准备工

作。

3. 停止

当电动机处于连续运转时，再次按下按钮 SB（1-3），中间继电器 KA_3 线圈在已闭合的 KA_1 常开触点（3-11）和 KM 辅助常开触点（11-13）的作用下得电吸合，KA_3 常开触点（11-13）闭合自锁，KA_3 常闭触点（1-17）断开，切断了中间继电器 KA_1、交流接触器 KM 线圈电源，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转。与此同时，KA_1 所有触点恢复原始状态，KA_1 常开触点（1-31）断开，指示灯 HL_3 灭；KM 所有触点恢复原始状态，KM 辅助常闭触点（1-25）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机已停止运转。此时，松开按钮 SB（1-3），中间继电器 KA_3 线圈断电释放，KA_3 所有触点恢复原始状态，为再次点动或起动电动机做准备。

★电路 40　单按钮长时间按下起动、瞬时按下停止的单向起停控制电路

电路如图 1-41 所示。合上断路器 QF_1、QF_2，停止兼电源指示灯 HL_2 亮，说明电源正常。

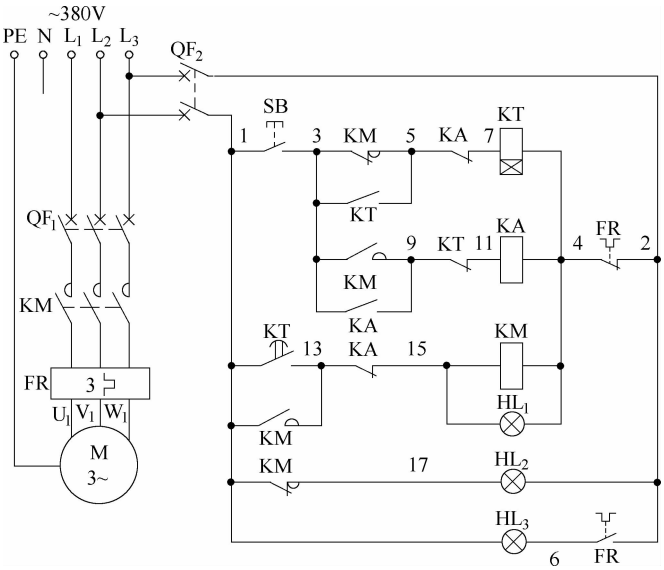


图 1-41　单按钮长时间按下起动、瞬时按下停止的单向起停控制电路

1. 延时起动

这个延时起动控制不是按一下按钮 SB 就松手，再经时间继电器 KT 延时后自动转换控制，而是按下按钮 SB 不松手，一直到时间继电器延时转换后才可松开按钮。

奇次按下按钮 SB（1-3）不松手，得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（3-5）闭合自锁；KT 不延时瞬动常闭触点（9-11）断开，起到互锁作用。KT 开始延时，经一段延时后（3s），KT 得电延时闭合的常开触点（1-13）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（1-13）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电而起动运转。同时，指示灯 HL_1 亮、HL_2 灭，说明电动机起动运转了。此时，松开按钮 SB（1-3），中间继电器 KA 线圈断电释放，其所有触点恢复原始状态，为偶次按下按钮 SB（1-3）时停止电动机做准备。在 KM 线圈得电吸合后，KM 辅助常闭触点（3-5）断开，KM 辅助常开触点（3-9）闭合，为停止电动机时由中间继电器 KA 常闭触点（13-15）切断交流接触器 KM 线圈电源做准备。

2. 瞬时按下停止

偶次按下按钮 SB（1-3），中间继电器 KA 线圈在 KM 辅助常开触点（3-9）（早已闭合）的作用下得电吸合，KA 常开触点（3-9）闭合自锁，KA 常闭触点（13-15）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转。同时，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已停止运转。此时，松开按钮 SB（1-3），中间继电器 KA 线圈断电释放，其所有触点恢复原始状态，为奇次起动做准备。

★电路 41　用一只按钮控制电动机点动、起动、停止电路

本电路实用新颖，采用一只按钮可对电动机实现点动、起动、停止控制，如图 1-42 所示。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. 点动

按下按钮 SB（1-3）后松手（只要不超出 KT_1 的设定延时时间就行），中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点（3-5）闭合自锁；KA 常闭触点（9-11）断开，起互锁作用；KA 常开触点（13-15）闭合，接通交流接触器 KM、得电延时时间继电器 KT_1 线圈回路电源，KM、KT_1 线圈得电吸合，KT_1 开始延时，KM 线圈在 KT 延时时间内进行点动控制。

此时，虽然 KM 辅助常开自锁触点（15-17）也闭合，但因其与 KT_1 得电延时闭合的常开触点（13-17）共同组成自锁回路，而 KT_1 延时时间未到，KT_1 得电延时闭合的常开触点（13-17）尚处于常开状态，故能在此阶段实现点动控制。在 KM 线圈得电吸合或断电释放的同时，相应的指示灯 HL_1、HL_2 也随之点亮、熄灭，以指示点动工作状态。

2. 起动及连续运转

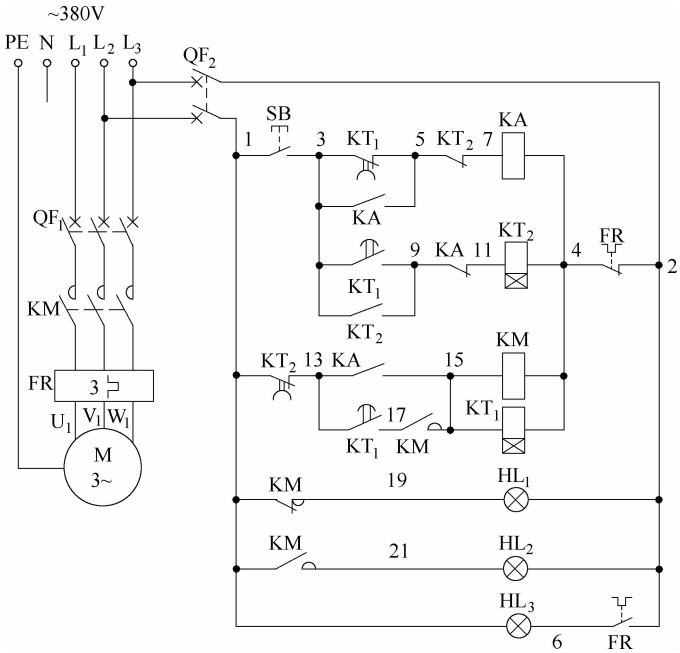


图 1-42　用一只按钮控制电动机点动、起动、停止电路

按下按钮 SB（1-3）不松手，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点（3-5）闭合自锁；KA 常闭触点（9-11）断开，起互锁作用；KA 常开触点（13-15）闭合，接通交流接触器 KM、得电延时时间继电器 KT_1 线圈电源，KM、KT_1 线圈得电吸合。此时虽然 KM 辅助常开自锁触点（15-17）已闭合，但因自锁回路中还串接了一只 KT_1 得电延时闭合的常开触点（13-17）还未闭合，所以不能使电路自锁；KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。KT_1 开始延时。经延时后（5s），KT_1 得电延时断开的常闭触点（3-5）断开，为停止时防止此回路工作做准备；同时，KT_1 的两组得电延时闭合的常开触点（3-9、13-17）闭合，KT_1 常开触点闭合（13-17）与早已闭合的 KM 辅助常开触点（15-17）共同使 KM 线圈自锁，KM 三相主触点继续闭合，电动机继续运转；KT_1（3-9）触点闭合，为停止时用 KT_2 延时切除 KM 电源做准备。与此同时，KM 辅助常闭触点（1-19）断开，指示灯 HL_1 灭；KM 辅助常开触点（1-21）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已起动并连续运转。此时，松开按钮 SB（1-3），中间继电器 KA 线圈断电释放，KA 触点复原，为停止电动机做准备。

3. 停止

当电动机起动并连续运转后长时间内（3s 内）按下按钮 SB（1-3），得电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合，KT_2 不延时瞬动常开触点（3-9）闭合自锁；

KT_2 不延时瞬动常闭触点（5-7）断开，起到互锁作用。KT_2 开始延时，经延时后（3s），KT_2 得电延时断开的常闭触点（1-13）断开，切断交流接触器 KM 线圈电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转。与此同时，指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机已停止运转。此时，松开按钮 SB（1-3），得电延时时间继电器 KT_2 线圈断电释放，其所有触点复原，为再次起动或点动电动机做准备。

★电路 42　两只按钮同时按下起动，任意一只或两只都按下停止的单向起停控制电路

本电路有两大优点：一是起动时具有保密功能，只有同时按下 SB_1 和 SB_2 两只按钮才能起动；二是停止时，按下任意一只或两只同时按下都会使电动机停止运转，非常方便实用，如图 1-43 所示。

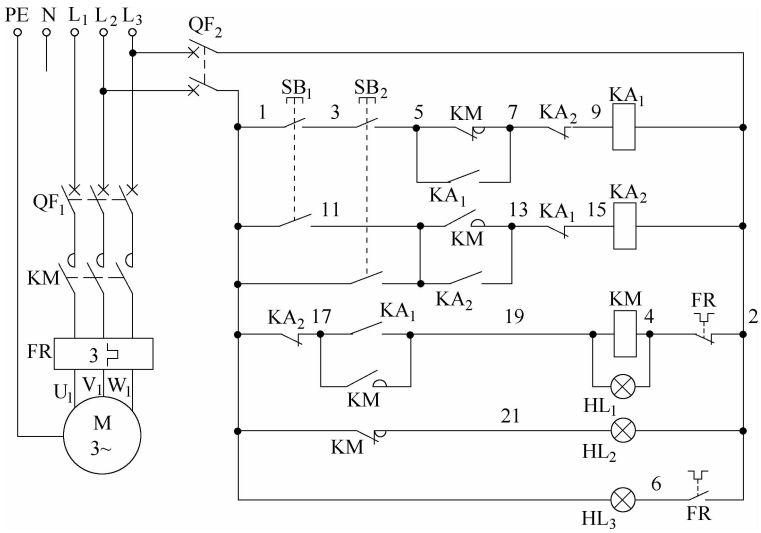


图 1-43　两只按钮同时按下起动，任意一只或两只都按下停止的单向起停控制电路

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_2 亮，说明电路电源正常。

1. 起动

将 SB_1 和 SB_2 两只按钮开关同时按下，SB_1 和 SB_2 各自的常开触点（1-3、3-5）组成与门电路（即两只按钮串联使用）使中间继电器 KA_1 线圈得电吸合，KA_1 常开触点（5-7）闭合自锁；串联在 KA_2 线圈回路中的 KA_1 常闭触点（13-15）断开，起到互锁作用；串联在 KM 线圈回路中的 KA_1 常开触点（17-19）闭

合，接通交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（17-19）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

在同时按下起动按钮 SB_1 和 SB_2 的同时，SB_1 和 SB_2 各自的常开触点（1-11、1-11）虽然也同时闭合，但由于 KA_1 常闭触点（13-15）已断开，互锁作用使 KA_2 线圈回路工作不了，故此时 SB_1、SB_2 闭合没有任何作用。在交流接触器线圈得电吸合后，串联在 KA_1 自锁触点上的 KM 辅助常闭触点（5-7）断开，防止停止时中间继电器 KA_1 线圈得电；并联在 KA_2 自锁常开触点（11-13）上的 KM 辅助常开触点（11-13）闭合，为停止时中间继电器 KA_2 线圈吸合做准备。同时，串联在指示灯 HL_2 回路中的 KM 常闭触点（1-21）断开，指示灯 HL_1 亮、HL_2 灭，说明电动机已起动运转。松开按钮 SB_1（1-3）和 SB_2（3-5）后，中间继电器 KA_1 线圈断电释放，KA_1 所有触点恢复原始状态，为停止电动机时做准备。

2. 停止

交流接触器 KM 线圈得电吸合后，并联在 KA_1 自锁触点上的 KM 常闭触点（5-7）已经断开，中间继电器 KA_1 线圈无法再得电吸合，所以停止时 KA_1 线圈回路是无用的；KM 并联在中间继电器 KA_2 常开触点（11-13）上的常开触点（11-13）早已闭合，为再次按下 SB_1（1-11）或 SB_2（1-11）使中间继电器 KA_2 线圈得电吸合做准备。因 SB_1 和 SB_2 在 KA_2 线圈回路中的常开触点有关，此时按下 SB_1 或 SB_2 中任意一只按钮或者两只按钮同时按下都会使中间继电器 KA_2 线圈得电吸合，KA_2 常开触点（11-13）闭合自锁，KA_2 常开触点（1-19）断开，切断交流接触器 KM 线圈回路电源，使 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转。KA_2 线圈得电吸合后，串联在 KA_1 线圈回路中的 KA_2 常闭触点（7-9）断开，起到互锁保护作用。交流接触器 KM 线圈断电释放后，KM 辅助常闭触点（5-7）恢复常闭状态，KM 辅助常开触点（11-13）恢复常开状态，为下次起动做准备。同时，KM 辅助常闭触点（1-21）恢复常闭后闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已停止运转。

★电路 43　两台电动机同时起动、任意停止控制电路

电路如图 1-44 所示。合上断路器 QF_1、QF_2、QF_3，指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. 起动

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（3-5）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电而起动运转。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-11）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-15）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转

了。

在按下起动按钮 SB_2 的同时，SB_2 的另一组常开触点（7-9）也闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电也起动运转。同时，KM_2 辅助常开触点（1-17）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 起动运转了。

至此，完成了两台电动机同时起动的控制。

2. 停止

可任意分别进行停止控制。按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转；按下停止按钮 SB_3（1-7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电而停止运转。

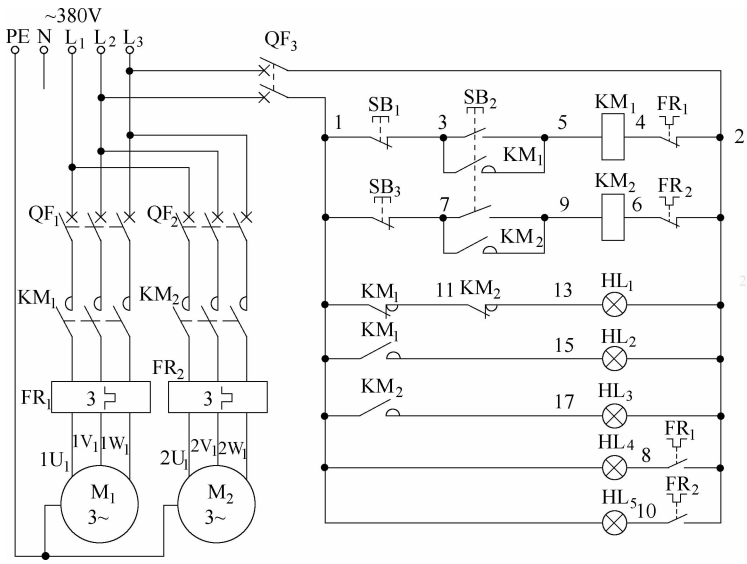


图 1-44　两台电动机同时起动、任意停止控制电路

★电路 44　两台电动机分别起动、同时停止控制电路

电路如图 1-45 所示。合上断路器 QF_1、QF_2、QF_3，指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. 起动

欲起动第一台电动机 M_1 时，按下起动按钮 SB_2（3-5），则交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电起动运转。同时，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机 M_1 已起动运转。

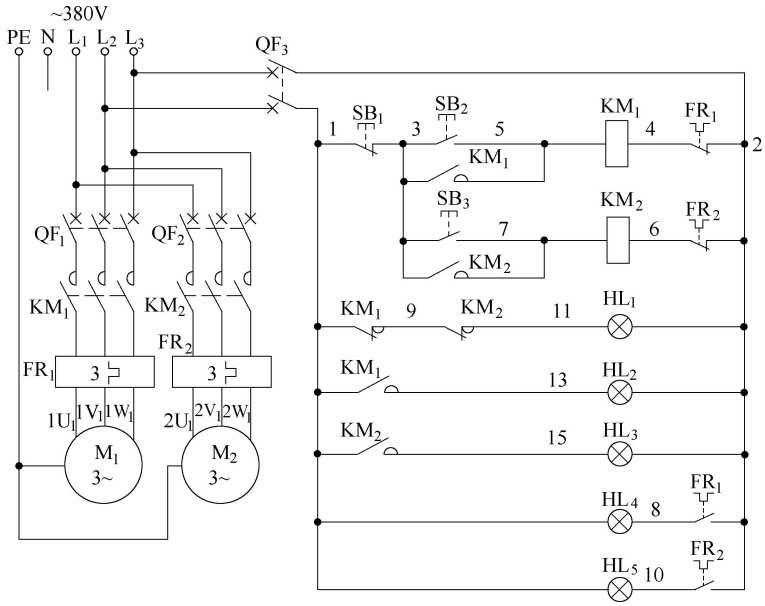


图 1-45　两台电动机分别起动、同时停止控制电路

欲起动第二台电动机 M_2 时，按下起动按钮 SB_3（3-7），则交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电起动运转。同时，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 已起动运转。

2. 停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、KM_2 线圈断电释放，KM_1、KM_2 各自的三相主触点分别断开，使电动机 M_1、M_2 同时失电停止运转。同时，指示灯 HL_2、HL_3 灭，HL_1 亮，说明电动机 M_1、M_2 已全部停止运转。

★电路 45　多地起动、停止、点动控制电路

本电路为三地起动、停止、点动控制电路，如图 1-46 所示。SB_4 为一地起动按钮，SB_7 为一地点动按钮，SB_1 为一地停止按钮；SB_5 为二地起动按钮，SB_8 为二地点动按钮，SB_2 为二地停止按钮；SB_6 为三地起动按钮，SB_9 为三地点动按钮，SB_3 为三地停止按钮。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电动机已停止且电路有电。

1. 起动

按下三个地方的任意一只起动按钮 SB_4（7-9）或 SB_5（7-9）或 SB_6（7-9），交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（9-15）通过点动按钮

SB_8（7-11）、SB_9（11-13）、SB_7（13-15）的常闭触点串联形成自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。同时，KM 辅助常闭触点（1-17）断开，指示灯 HL_1 灭；KM 辅助常开触点（1-19）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已起动运转。

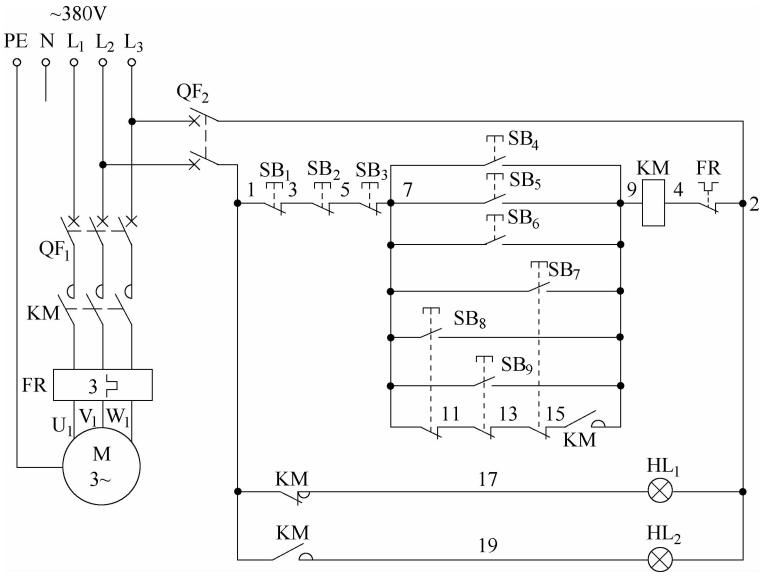


图 1-46　多地起动、停止、点动控制电路

2. 点动

按动三个地方的任意一只点动按钮 SB_7（7-9）或 SB_8（7-9）或 SB_9（7-9）。SB_7（7-11）或 SB_8（11-13）或 SB_9（13-15）三只相串联的常闭触点断开，切断交流接触器 KM 自锁回路，从而实现点动控制。按下 SB_7 或 SB_8 或 SB_9 任意一只按钮的时间，即为电动机断续点动运转时间。

3. 停止

电动机得电连续起动运转后，按下任意一只停止按钮 SB_1（1-3）或 SB_2（3-5）或 SB_3（5-7），均能切断交流接触器 KM 线圈电源，使 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。同时，KM 辅助常开触点（1-19）断开，指示灯 HL_2 灭；KM 辅助常闭触点（1-17）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机已停止运转。

★电路 46　多台电动机可预选起动控制电路

多台电动机可预选起动控制电路如图 1-47 所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、QF_2、QF_3、QF_4 及控制回路断路器 QF_5，为电

路工作提供准备条件。

电动机 M_1 起动：将复合预选开关 SA_2、SA_3、SA_4 合上（也就是预选开关 SA_2、SA_3、SA_4 各自的一组常闭触点断开），按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电运转，拖动设备工作。

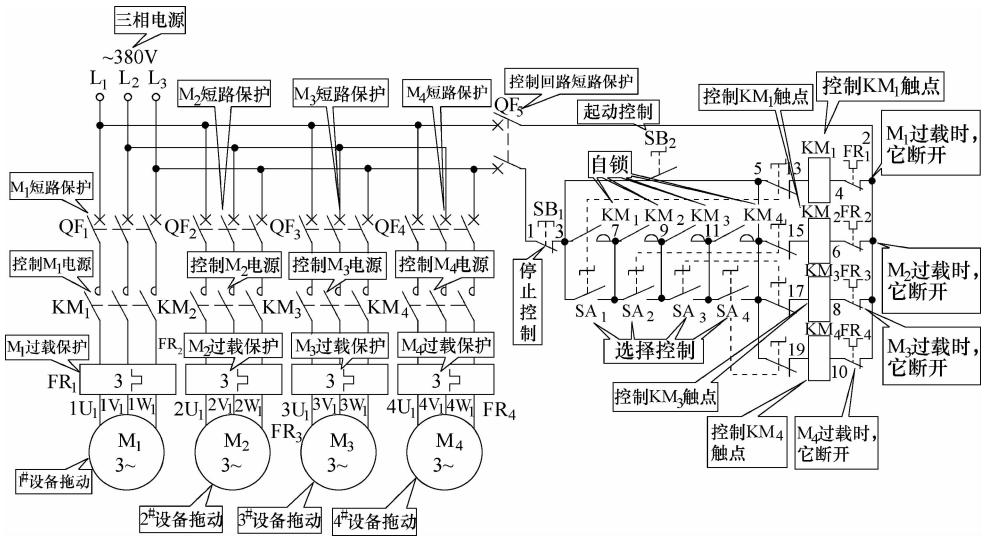


图 1-47　多台电动机可预选起动控制电路

电动机 M_1 停止：按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转，拖动设备停止工作。

电动机 M_2 起动：将复合预选开关 SA_1、SA_3、SA_4 合上（也就是预选开关 SA_1、SA_3、SA_4 各自的一组常闭触点断开），按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转，拖动设备工作。

电动机 M_2 停止：按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电停止运转，拖动设备停止工作。

电动机 M_3 起动：将复合预选开关 SA_1、SA_2、SA_4 合上（也就是预选开关 SA_1、SA_2、SA_4 各自的一组常闭触点断开），按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 得电运转，拖动设备工作。

电动机 M_3 停止：按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 失电停止运转，拖动设备停止工作。

电动机 M_4 起动：将复合预选开关 SA_1、SA_2、SA_3 合上（也就是预选开关

SA_1、SA_2、SA_3 各自的一组常闭触点断开），按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_4 线圈得电吸合且 KM_4 辅助常开触点闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，电动机 M_4 得电运转，拖动设备工作。

电动机 M_4 停止：按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_4 线圈断电释放，KM_4 三相主触点断开，电动机 M_4 失电停止运转，拖动设备停止工作。

电动机 M_1 ~ M_4 同时起动：将复合预选开关 SA_1 ~ SA_4 置于原始状态（也就是预选开关 SA_1 ~ SA_4 各自的一组常开触点全部处于原始断开状态，各自的一组常闭触点全部处于原始闭合状态），按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 ~ KM_4 线圈同时得电吸合且 KM_1 ~ KM_4 辅助常开触点闭合串联自锁，KM_1 ~ KM_4 各自的三相主触点均闭合，分别接通电动机 M_1 ~ M_4 电源，电动机 M_1 ~ M_4 得电运转，分别拖动各自的设备工作。

电动机 M_1 ~ M_4 同时停止：按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1 ~ KM_4 线圈同时断电释放，其各自的三相主触点 KM_1 ~ KM_4 断开，使电动机 M_1 ~ M_4 均失电停止运转，各自的拖动设备停止工作。

电动机 M_2、M_3、M_4 同时起动：将复合预选开关 SA_1 合上（也就是预选开关 SA_1 的一组常闭触点断开），按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_2、KM_3、KM_4 线圈同时得电吸合且 KM_2、KM_3、KM_4 辅助常开触点闭合串联自锁，KM_2、KM_3、KM_4 各自的三相主触点均闭合，分别接通电动机 M_2、M_3、M_4 电源，电动机 M_2、M_3、M_4 得电运转，分别拖动各自的设备工作。

电动机 M_2、M_3、M_4 同时停止：按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_2、KM_3、KM_4 线圈同时断电释放，其各自的三相主触点 KM_2、KM_3、KM_4 断开，使电动机 M_2、M_3、M_4 均失电停止运转，各自的拖动设备停止工作。

电动机 M_1、M_3、M_4 同时起动：将复合预选开关 SA_2 合上（也就是预选开关 SA_2 的一组常闭触点断开），按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1、KM_3、KM_4 线圈同时得电吸合且 KM_1、KM_3、KM_4 辅助常开触点闭合串联自锁，KM_1、KM_3、KM_4 各自的三相主触点均闭合，分别接通电动机 M_1、M_3、M_4 电源，电动机 M_1、M_3、M_4 得电运转，分别拖动各自的设备工作。

电动机 M_1、M_3、M_4 同时停止：按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1、KM_3、KM_4 线圈同时断电释放，其各自的三相主触点 KM_1、KM_3、KM_4 断开，使电动机 M_1、M_3、M_4 均失电停止运转，各自的拖动设备停止工作。

电动机 M_1、M_2、M_4 同时起动：将复合预选开关 SA_3 合上（也就是预选开关 SA_3 的一组常闭触点断开），按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1、KM_2、KM_4 线圈同时得电吸合且 KM_1、KM_2、KM_4 辅助常开触点闭合串联自锁，KM_1、KM_2、KM_4 各自的三相主触点均闭合，分别接通电动机 M_1、M_2、M_4 电源，电动机 M_1、M_2、M_4 得电运转，分别拖动各自的设备工作。

电动机 M_1、M_2、M_4 同时停止：按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1、KM_2、KM_4 线圈同时断电释放，其各自的三相主触点 KM_1、KM_2、KM_4 断开，使电动机 M_1、M_2、M_4 均失电停止运转，各自的拖动设备停止工作。

电动机 M_1、M_2、M_3 同时起动：将复合预选开关 SA_4 合上（也就是预选开关 SA_4 的一组常闭触点断开），按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3 线圈同时得电吸合且 KM_1、KM_2、KM_3 辅助常开触点闭合串联自锁，KM_1、KM_2、KM_3 各自的三相主触点均闭合，分别接通电动机 M_1、M_2、M_3 电源，电动机 M_1、M_2、M_3 得电运转，分别拖动各自的设备工作。

电动机 M_1、M_2、M_3 同时停止：按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3 线圈同时断电释放，其各自的三相主触点 KM_1、KM_2、KM_3 断开，使电动机 M_1、M_2、M_3 均失电停止运转，各自的拖动设备停止工作。

电动机 M_3、M_4 同时起动：将复合预选开关 SA_1、SA_2 合上（也就是预选开关 SA_1、SA_2 各自的一组常闭触点断开），按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_3、KM_4 线圈同时得电吸合且 KM_3、KM_4 辅助常开触点闭合串联自锁，KM_3、KM_4 各自的三相主触点均闭合，分别接通电动机 M_3、M_4 电源，电动机 M_3、M_4 得电运转，分别拖动各自的设备工作。

电动机 M_3、M_4 同时停止：按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_3、KM_4 线圈同时断电释放，其各自的三相主触点 KM_3、KM_4 断开，使电动机 M_3、M_4 均失电停止运转，各自的拖动设备停止工作。

电动机 M_2、M_4 同时起动：将复合预选开关 SA_1、SA_3 合上（也就是预选开关 SA_1、SA_3 各自的一组常闭触点断开），按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_2、KM_4 线圈同时得电吸合且 KM_2、KM_4 辅助常开触点闭合串联自锁，KM_2、KM_4 各自的三相主触点均闭合，分别接通电动机 M_2、M_4 电源，电动机 M_2、M_4 得电运转，分别拖动各自的设备工作。

电动机 M_2、M_4 同时停止：按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_2、KM_4 线圈同时断电释放，其各自的三相主触点 KM_2、KM_4 断开，使电动机 M_2、M_4 均失电停止运转，各自的拖动设备停止工作。

电动机 M_2、M_3 同时起动：将复合预选开关 SA_1、SA_4 合上（也就是预选开关 SA_1、SA_4 各自的一组常闭触点断开），按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_2、KM_3 线圈同时得电吸合且 KM_2、KM_3 辅助常开触点闭合串联自锁，KM_2、KM_3 各自的三相主触点均闭合，分别接通电动机 M_2、M_3 电源，电动机 M_2、M_3 得电运转，分别拖动各自的设备工作。

电动机 M_2、M_3 同时停止：按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_2、KM_3 线圈同时断电释放，其各自的三相主触点 KM_2、KM_3 断开，使电动机 KM_2、KM_3 断开，使电动机 M_2、M_3 均失电停止运转，各自的拖动设备停止工作。

电动机 M_1、M_4 同时起动：将复合预选开关 SA_2、SA_3 合上（也就是预选开关 SA_2、SA_3 各自的一组常闭触点断开），按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1、KM_4 线圈同时得电吸合且 KM_1、KM_4 辅助常开触点闭合串联自锁，KM_1、KM_4 各自的三相主触点均闭合，分别接通电动机 M_1、M_4 电源，电动机 M_1、M_4 得电运转，分别拖动各自的设备工作。

电动机 M_1、M_4 同时停止：按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1、KM_4 线圈同时断电释放，其各自的三相主触点 KM_1、KM_4 断开，使电动机 M_1、M_4 均失电停止运转，各自的拖动设备停止工作。

电动机 M_1、M_3 同时起动：将复合预选开关 SA_2、SA_4 合上（也就是预选开关 SA_2、SA_4 各自的一组常闭触点断开），按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1、KM_3 线圈同时得电吸合且 KM_1、KM_3 辅助常开触点闭合串联自锁，KM_1、KM_3 各自的三相主触点均闭合，分别接通电动机 M_1、M_3 电源，电动机 M_1、M_3 得电运转，分别拖动各自的设备工作。

电动机 M_1、M_3 同时停止：按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1、KM_3 线圈同时断电释放，其各自的三相主触点 KM_1、KM_3 断开，使电动机 M_1、M_3 均失电停止运转，各自的拖动设备停止工作。

电动机 M_1、M_2 同时起动：将复合预选开关 SA_3、SA_4 合上（也就是预选开关 SA_3、SA_4 各自的一组常闭触点断开），按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1、KM_2 线圈同时得电吸合且 KM_1、KM_2 辅助常开触点闭合串联自锁，KM_1、KM_2 各自的三相主触点均闭合，分别接通电动机 M_1、M_2 电源，电动机 M_1、M_2 得电运转，分别拖动各自的设备工作。

电动机 M_1、M_2 同时停止：按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1、KM_2 线圈同时断电释放，其各自的三相主触点 KM_1、KM_2 断开，使电动机 M_1、M_2 均失电停止运转，各自的拖动设备停止工作。

二、可逆直接起动控制电路

★电路 47　可逆点动与起动混合控制电路

本实例为具有双重互锁（按钮常闭触点互锁和交流接触器辅助常闭触点互锁）的正反转起动、停止及正反转点动控制电路，如图 2-1 所示。

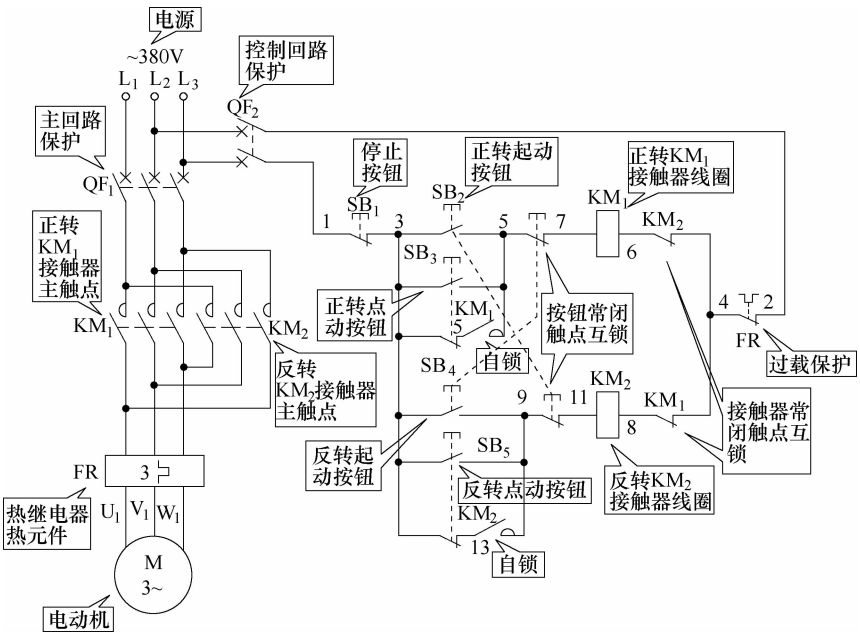


图 2-1　可逆点动与起动混合控制电路

1. 正转起动连续运转

按下正转起动按钮 SB_2，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 常闭触点以及正转起动按钮 SB_2 常闭触点（瞬间断开）均断开，进行互锁。KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转连续运转。

1）正转停止：按下停止按钮 SB_1 或轻轻按下反转起动按钮 SB_4 均会使交流接触器 KM_1 线圈断电释放，电动机正转停止。

2）正转点动：按下正转点动按钮 SB_3，SB_3 常闭触点首先断开将正转交流接触器 KM_1 自锁回路切断，同时 SB_3 常开触点闭合，接通 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，松开正转点动按钮 SB_3，KM_1 线圈

因无自锁而断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机正转点动运转停止。

2. 反转起动连续运转

按下反转起动按钮 SB_4，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁，KM_2 常闭触点以及反转起动按钮 SB_4 常闭触点（瞬间断开）均断开，进行互锁。KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转连续运转。

1）反转停止：按下停止按钮 SB_1 或轻轻按下正转起动按钮 SB_2 均会使交流接触器 KM_2 线圈断电释放，电动机反转停止。

2）反转点动：按下反转点动按钮 SB_5，SB_5 常闭触点首先断开将反转交流接触器 KM_2 自锁回路切断，同时 SB_5 常开触点闭合，接通 KM_2 线圈使其得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，松开反转点动按钮 SB_5，KM_2 线圈因无自锁而断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机反转点动运转停止。

特别提醒：本电路在正反转连续起动操作时，可直接操作，无须先按下停止按钮 SB_1 后再进行；在正转或反转电路已工作后，若想反向进行点动操作无效，则必须先按下停止按钮 SB_1 后方可进行。

★电路 48　卷扬机控制电路（一）

卷扬机作为提升设备广泛应用在各个领域，特别是在建筑施工中应用得最多。该设备简单、方便、实用，深受使用者青睐。图 2-2 所示是卷扬机控制电路。

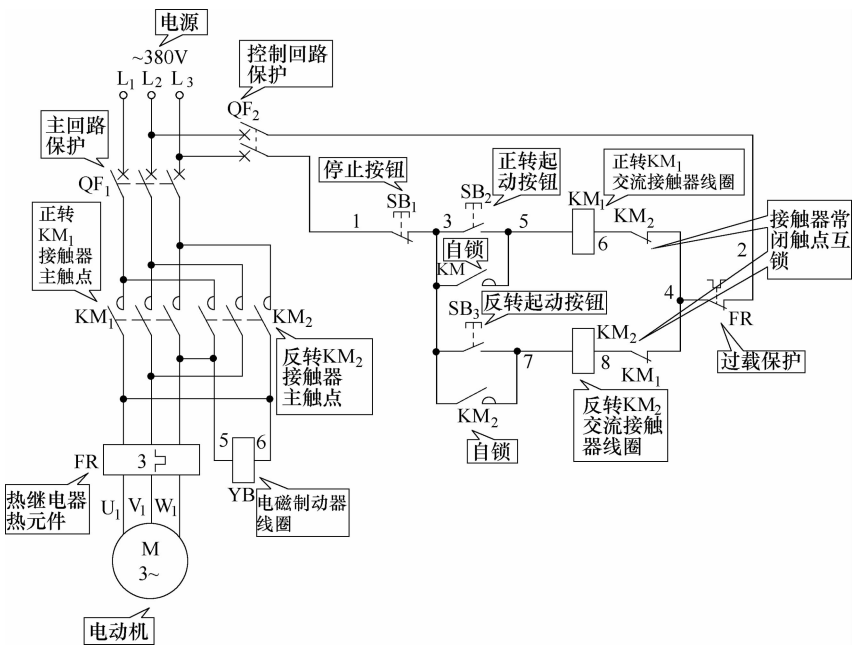


图 2-2　卷扬机控制电路（一）

当需要提升（正转）时，则按下正转起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电磁制动器 YB 线圈得电松开制动器，电动机正转运行；倘若中途需落下（反转）时，直接按动反转按钮 SB_3 无效，其原因是反转起动按钮无法控制正转 KM_1 线圈电源，所以 KM_1 线圈仍吸合，其串联在反转回路中的常闭触点断开了 KM_2 线圈回路电源，使反转按钮 SB_3 操作无效。若需反转，则必须先按下停止按钮 SB_1，使已吸合的正转交流接触器 KM_1 线圈失电释放，其互锁常闭触点恢复常闭状态，才能进行反转操作，此时按下反转起动按钮 SB_3，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁，KM_2 三相主触点闭合（三相电源中任意两相调换），电动机反转运行，若中间需要停车，则按下停止按钮 SB_1，此时电动机失电停止运行，同时电磁制动器 YB 线圈失电，电磁制动器制动。从而完成停止操作。

图 2-2 中，交流接触器 KM_1 作为正转控制；交流接触器 KM_2 作为反转控制；YB 为制动电磁制动器。

★电路 49　卷扬机控制电路（二）

图 2-3 所示为另一种卷扬机控制电路。本电路与通常的卷扬机控制电路不一样之处是在上升、下降的终端位置分别加装了限位开关，这样，无论上升还是下降，倘若操作不当而没有及时停机也不会造成超出限位事故。

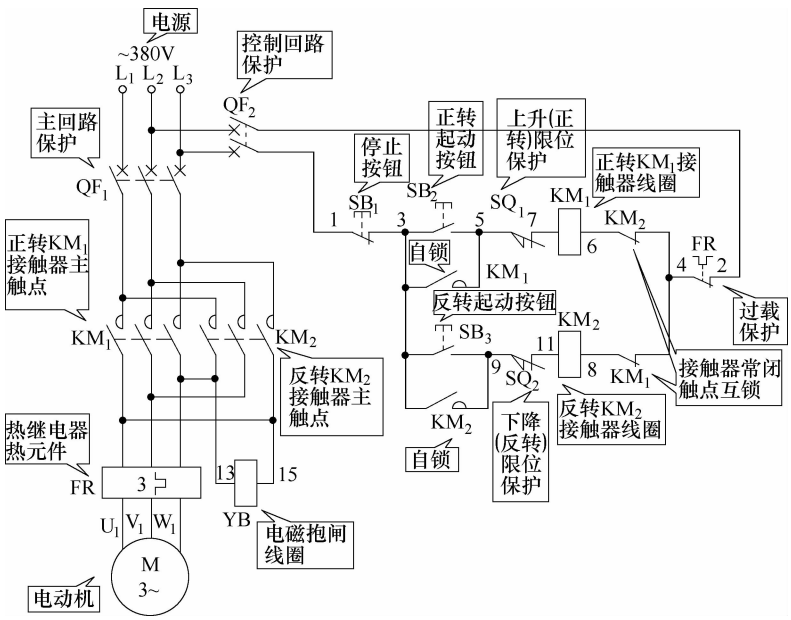


图 2-3　卷扬机控制电路（二）

上升时，按下上升起动按钮 SB_2，上升交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电运转，提升机上升；倘若操作工在操作时忽视没有能及时停机，那么上升到终端位置时限位开关 SQ_1 就会动作，将上升交流接触器 KM_1 线圈回路电源切断，KM_1 线圈断电释放，KM_1 主触点断开，电动机停止运转，从而起到保护作用。

下降与上升原理相同，这里不再讲述。

★电路 50　利用转换开关预选的正反转起停控制电路

利用转换开关预选的正反转起停控制电路如图 2-4 所示。

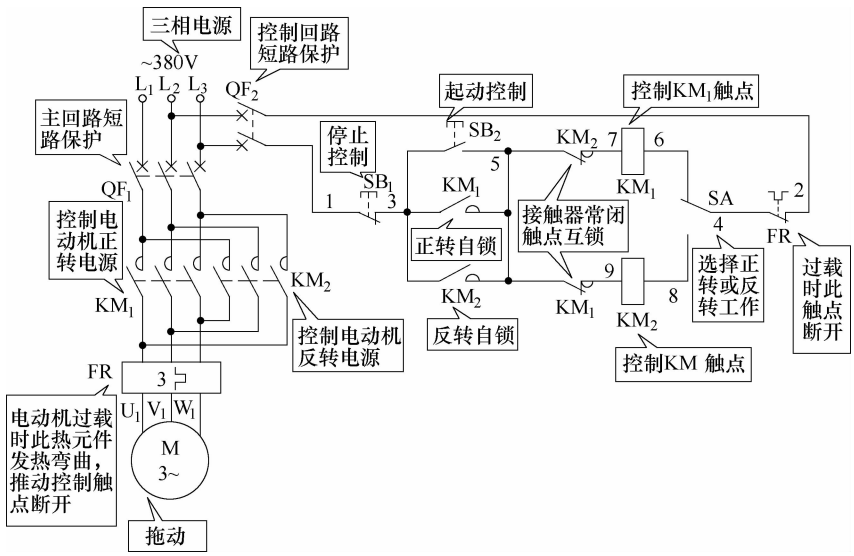


图 2-4　利用转换开关预选的正反转起停控制电路

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作做准备。

1. 正转起动

首先将预选正反转转换开关 SA 置于上端（4-6 闭合），为正转起动运转做准备。按下起动按钮 SB_2（3-5），正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，拖动设备正转工作。KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（5-9）先断开，起互锁保护作用。

2. 正转停止

按下停止按钮 SB_1（1-3）或将预选正反转转换开关 SA 置于下端（4-6 断开后又闭合）后再返回到上端时，正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相

主触点断开，电动机失电正转运转停止。

3. 反转起动

首先将预选正反转转换开关 SA 置于下端（4-8 闭合），为反转起动运转做准备。按下起动按钮 SB_2（3-5），反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，拖动设备反转工作。KM_2 线圈得电吸合后，KM_2 串联在正转交流接触器 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（5-7）先断开，起互锁保护作用。

4. 反转停止

按下停止按钮 SB_1（1-3）或将预选正反转转换开关 SA 置于上端（4-8 断开后又闭合）后再返回到下端时，反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转运转停止。

★电路 51　只有接触器辅助常闭触点互锁的可逆点动控制电路

正反转（又称为可逆）电路实际上就是利用两只交流接触器来分别控制电动机完成正转或反转运行，但必须得保证两只交流接触器线圈不能同时吸合，怎么办？这里谈到的另一个技术术语就叫互锁（又称为联锁），也就是说，不管采用什么互锁方式，最终保证两只交流接触器会一只工作时而另一只停止，这就是互锁的作用。

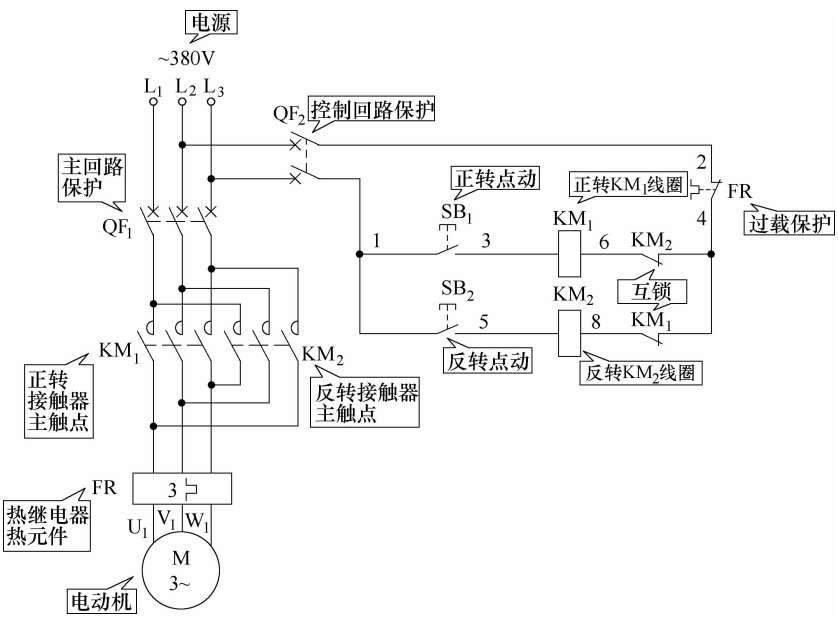


图 2-5　只有接触器辅助常闭触点互锁的可逆点动控制电路

图 2-5 所示为只有交流接触器辅助常闭触点互锁的可逆点动控制电路。从主回路看，通过交流接触器 KM_1 三相主触点直接将三相电源 L_1、L_2、L_3 与电动机 U_1、V_1、W_1 连接，电动机正转运行（三相电源正转时相序为 L_1、L_2、L_3 或 L_3、L_1、L_2 或 L_2、L_3、L_1）；反转时交流接触器 KM_2 三相主触点将 L_1 相与 L_3 相，L_3 相与 L_1 相调换了一下，也就是电工行话中所讲的“倒相了”。实际上三相电源相序改变了，那么电源改变为 L_3、L_2、L_1 与电动机 U_1、V_1、W_1 连接，电动机反转运行（三相电源反转时相序为 L_1、L_3、L_2 或 L_2、L_1、L_3 或 L_3、L_2、L_1），从而完成正反转切换。

从控制电路看，本电路只有一种互锁方式，即交流接触器辅助常闭触点互锁，互锁程度不高，但可以应用。此电路实际上就是在两个接触器线圈回路中各串一个对方的常闭触点作互锁保护。

正转点动时，按下正转点动按钮 SB_1，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，首先 KM_1 串联在反转交流接触器线圈回路中的常闭辅助触点断开（保证 KM_1 工作时，KM_2 线圈不能得电），起到互锁作用，同时正转交流接触器 KM_1 三相主触点闭合，接通电动机电源，电动机正转运行。松开正转点动按钮 SB_1，正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电停止工作。

反转点动时，按下反转点动按钮 SB_2，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，首先 KM_2 串联在正转交流接触器线圈回路中的常闭辅助触点断开（保证 KM_2 工作时，KM_1 线圈不能得电），起到互锁作用，同时反转交流接触器 KM_2 三相主触点闭合，接通电动机电源，电动机反转运行。松开反转点动按钮 SB_2，反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电停止工作。

★电路 52　只有接触器辅助常闭触点互锁的可逆起停控制电路

只有接触器辅助常闭触点互锁的可逆起停控制电路如图 2-6 所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2（3-5），正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，拖动设备正转工作；同时 KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（4-8）断开，起互锁作用。

2. 正转停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转停止运转，拖动设备正转停止工作。

3. 反转起动

按下反转起动按钮 SB_3（3-7），反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，拖动设备反转工作；同时 KM_2 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（4-6）断开，起互锁作用。

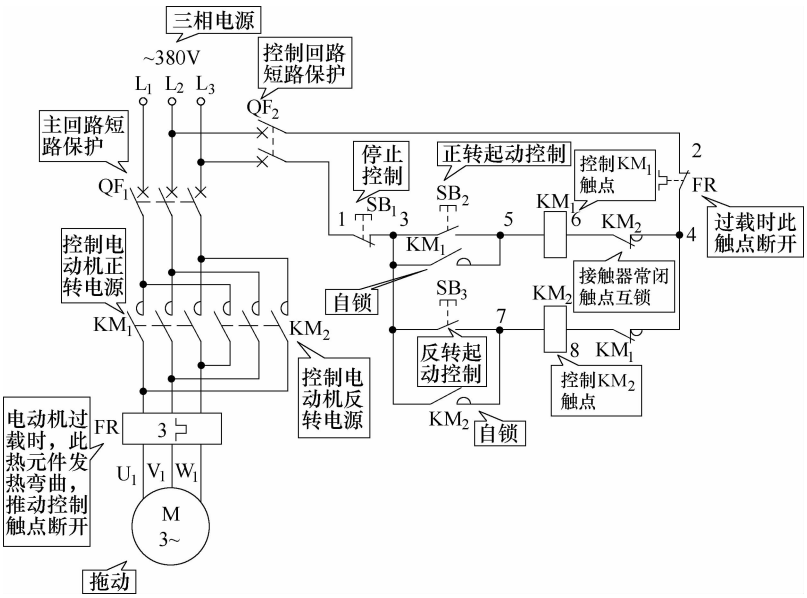


图 2-6　只有接触器辅助常闭触点互锁的可逆起停控制电路

4. 反转停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转停止运转，拖动设备反转停止工作。

★电路 53　用一只行程开关实现带点动功能的自动往返控制电路

电气原理图如图 2-7 所示，合上断路器 QF_1 和 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电路电源正常。

1. 自动往返起动控制

将自动往返循环/点动选择开关 SA 置于自动往返循环状态，SA 的两组常闭触点（9-11、13-15）闭合，为电路往返循环控制做准备。

按下起动按钮 SB_2（3-5），中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点（3-5）闭合自锁；KA 常开触点（1-7）闭合，为往返循环控制回路提供电源。此时，双轮不能复位行程开关 SQ 的一组常闭触点（7-9）处于常闭状态，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，带动拖

板向右移动。KM_2 线圈得电吸合后，KM_2 辅助常闭触点（15-21）断开，起到互锁作用；KM_2 辅助常闭触点（29-31）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_2 辅助常开触点（1-35）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已反转运转。

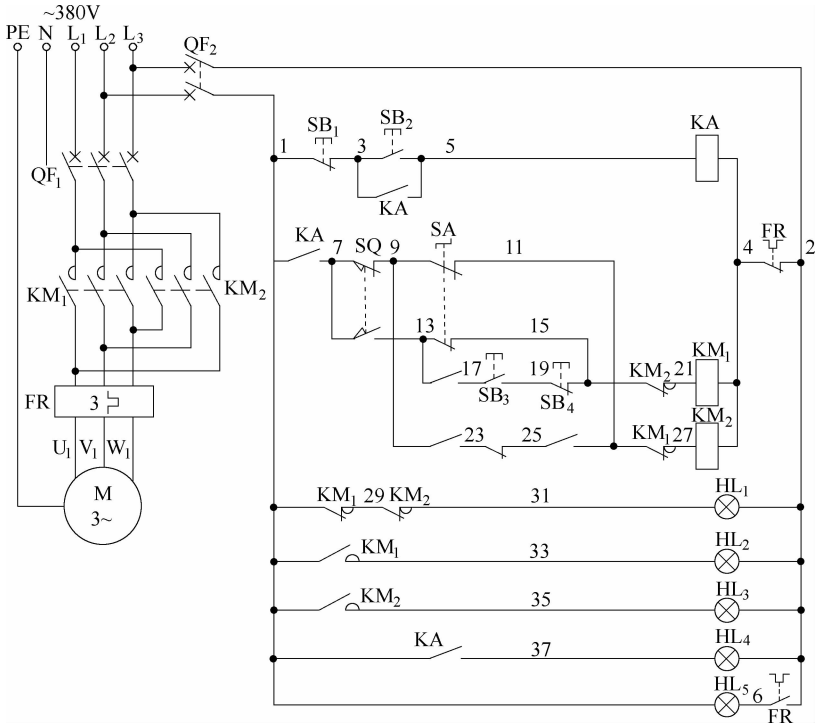


图 2-7　用一只行程开关实现带点动功能的自动往返控制电路

当电动机带动拖板向右移动到位碰触行程开关 SQ 时，SQ 转态，其一组常闭触点（7-9）断开、另一组常开触点（7-13）闭合，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机断电而反转停止；指示灯 HL_3 灭、HL_1 亮，说明电动机反转停止。同时，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，带动拖板向左移动。KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 辅助常闭触点（11-27）断开，起到互锁作用；KM_1 辅助常闭触点（1-29）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-33）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已正转运转。

当电动机带动拖板向左移动到位碰触行程开关 SQ 时，SQ 转态，其中一组常开触点（7-13）恢复常开、另一组常闭触点（7-9）恢复常闭，KM_1 线圈断电释放，KM_2 线圈又得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机又得电反转运转，带动拖板向右移动。如此这般，实现自动往返循环控制。

停止时，按下停止按钮（1-3），中间继电器 KA 线圈断电释放，KA 常开触点（3-5）断开并解除自锁，KA 退出运行；KA 常开触点（1-7）断开，切断交流接触器 KM_1 或 KM_2 线圈控制回路电源，使其 KM_1 或 KM_2 三相主触点断开，电动机失电而停止运转。

2. 点动

将选择开关 SA 置于点动状态，SA 的两组常闭触点（9-11、13-15）断开、SA 的三组常开触点（13-17、9-23、1-13）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明控制电路处于点动状态。

按下起动按钮 SB_2（3-5），中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点（3-5）闭合自锁；KA 常开触点（1-7）闭合，为交流接触器 KM_1 或 KM_2 线圈回路提供电源准备。

需正转点动时，按下正转点动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（23-25）断开，起到按钮互锁保护；SB_3 的另一组常开触点（17-19）闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，带动拖板向左移动。同时，KM_1 辅助常闭触点（11-27）断开，起到接触器常闭触点互锁作用。松开被按下的正转点动按钮 SB_3 后，SB_3 所有触点恢复原始状态，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电而停止运转，拖板向左点动移动停止，从而完成正转点动控制。

需反转点动时，按下反转点动按钮 SB_4，SB_4 的一组常闭触点（15-19）断开，起到按钮互锁保护；SB_4 的另一组常开触点（11-25）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，带动拖板向右移动。同时，KM_2 辅助常闭触点（15-21）断开，起到接触器常闭触点互锁作用。松开被按下的反转点动按钮 SB_4 后，SB_4 所有触点恢复原始状态，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电而停止运转，拖板向右点动移动停止，从而完成反转点动控制。

无论正转点动还是反转点动控制，其相应指示灯都会被点亮，以指示电动机的运转工作状态。

★电路 54　单按钮控制电动机正反转起停电路

合上控制回路断路器 QF_2，第一次按下按钮 SB，中间继电器 KA_1 线圈得电吸合且自锁，其常开触点闭合，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机正转起动运转，如图 2-8 所示。

同时正转交流接触器 KM_1 的辅助常开触点闭合，在正转交流接触器 KM_1 线圈吸合后，松开按钮 SB，此时，中间继电器 KA_1 线圈断电释放，由于正转交流接触器 KM_1 串联在中间继电器 KA_1 线圈回路中的辅助常闭触点断开，以保证在

第二次按下按钮 SB 前切断 KA_1 线圈回路，使 KA_1 线圈不能得电；同时正转交流接触器 KM_1 串联在中间继电器 KA_2 线圈回路中的辅助常开触点闭合，为第二次按下按钮 SB 做准备工作。

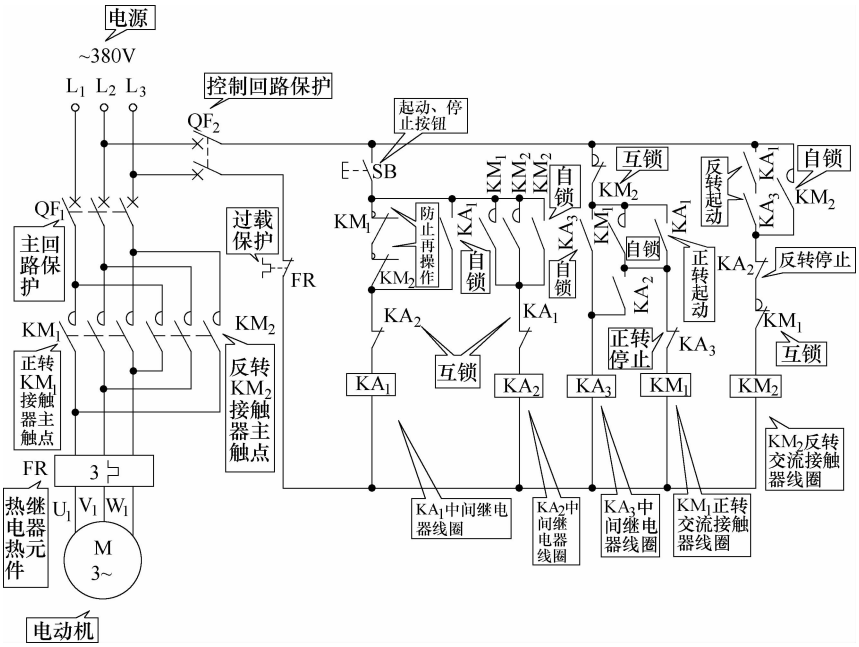


图 2-8　单按钮控制电动机正反转起停电路

当需要正转停止时，则第二次按下按钮 SB，中间继电器 KA_2 线圈在正转交流接触器 KM_1 辅助常开触点（已闭合）的作用下得电吸合且自锁，KA_2 常开触点闭合，接通了中间继电器 KA_3 线圈回路，KA_3 线圈得电吸合且自锁，KA_3 串联在正转交流接触器 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点断开，切断了 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机正转停止运转。同时 KM_1 辅助常开触点和辅助常闭触点恢复原来状态，为中间继电器 KA_1 线圈再次工作做准备。松开按钮 SB，中间继电器 KA_2 线圈断电释放。

当需要反转时，则第三次按下按钮 SB，中间继电器 KA_1 线圈得电吸合且自锁，KA_1 常开触点闭合，并与早已闭合的中间继电器 KA_3 常开触点组合为串联电路一起接通反转交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合且自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机反转起动运转。同时反转交流接触器 KM_2 串联在中间继电器 KA_1 线圈回路中的辅助常闭触点断开，以保证在第四次按下按钮 SB 前切断 KA_1 线圈电源，使 KA_1 线圈不能得电；同时反转交流接触器 KM_2 串联在中间继电器 KA_2 线圈回路中的辅助常开触点闭合，为第四次按下按钮 SB 做准备。KM_2 串联在 KA_3 线圈回路中的常闭触点断开，切断了 KA_3 线圈电源，为下次操

作提供先决条件。松开按钮 SB，中间继电器 KA_1 线圈断电释放。

当需要反转停止时，则第四次按下按钮 SB，中间继电器 KA_2 线圈在反转交流接触器 KM_2 辅助常开触点（已闭合）的作用下得电吸合且自锁，KA_2 串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中的常闭触点断开，切断了反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转停止运转。由于 KM_2 线圈失电释放，KM_2 串联在 KA_1 线圈回路中的辅助常闭触点闭合，为再次按下按钮 SB 做准备工作。松开 SB，中间继电器 KA_2 线圈断电释放。

再次按下按钮 SB，重复上述过程。

本电路适用于纺织、冶金等要求完成正转→停→反转→停→再正转……循环的场合，读者也可举一反三地应用在其他控制场合。该电路新颖、巧妙、实用。

★电路 55　单线远程正反转控制电路

在有些控制场所，如水塔与水源地之间距离很远，有的达几千米，像这样的情况，节省一根导线就很有必要。现介绍一种仅用一根导线就可以完成对电动机起停和正反转进行控制的电路。

图 2-9 所示为单线远程正反转控制电路。

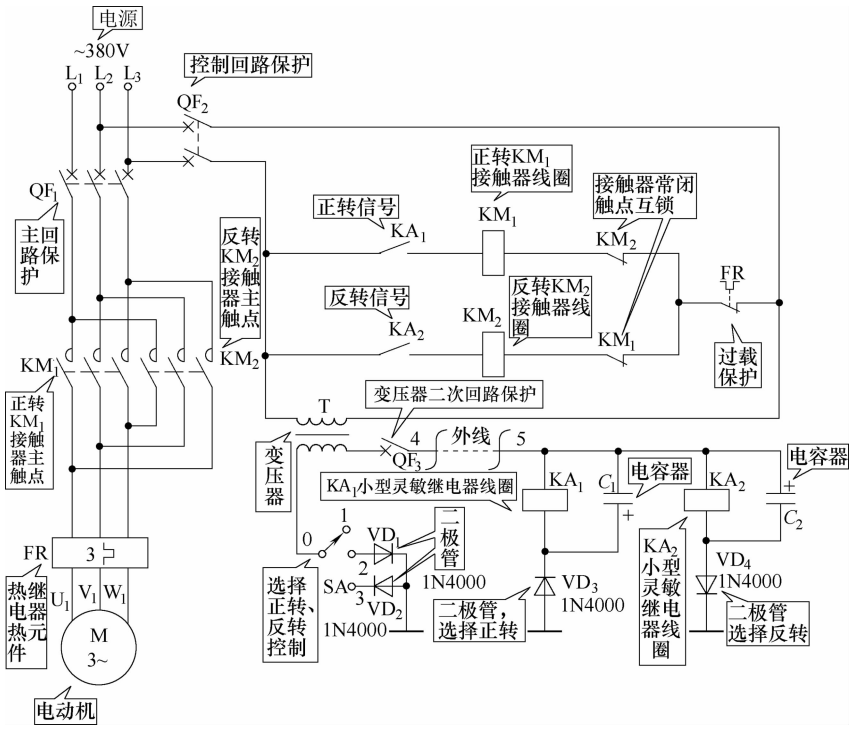


图 2-9　单线远程正反转控制电路

某人在甲地拨动多挡开关 SA，若拨到位置“1”时，乙地的电动机就会因控制回路断电而停止工作；若 SA 开关拨到位置“2”时，乙地的电动机控制电路因二极管 VD_1、VD_3 通过大地为顺向而导通，使小型灵敏继电器 KA_1 线圈得电吸合，KA_1 常开触点闭合，接通了正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运行；若 SA 开关拨到位置“3”时，乙地的电动机控制电路因二极管 VD_2、VD_4 通过大地为顺向而导通，使小型灵敏继电器 KA_2 线圈得电吸合，KA_2 常开触点闭合，接通了反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运行。从而完成很巧妙的结合选择，同时也节省了一根导线。

本电路非常巧妙，简单且实用，特别适合于需要远距离控制的场合，可节省大量导线。电路中小型灵敏继电器 KA_1、KA_2 可以选用 JRX-13F 等型号，至于控制电源电压可根据甲乙两地线路的长短试验确定。通常根据经验可选用小型灵敏继电器，其线圈电压为直流 12V 或 24V，此电压很低，比较安全。

★电路 56　用一只按钮控制电动机正反转定时停机电路

本电路用一只按钮来控制电动机正反转定时停机，即第一次按下按钮 SB 时，电动机正转，经运转一段时间后自动停止；第二次按下按钮 SB 时，电动机反转，经运转一段时间后自动停止；第三次按下按钮 SB 时，电动机又正转，重新循环控制。电路如图 2-10 所示。

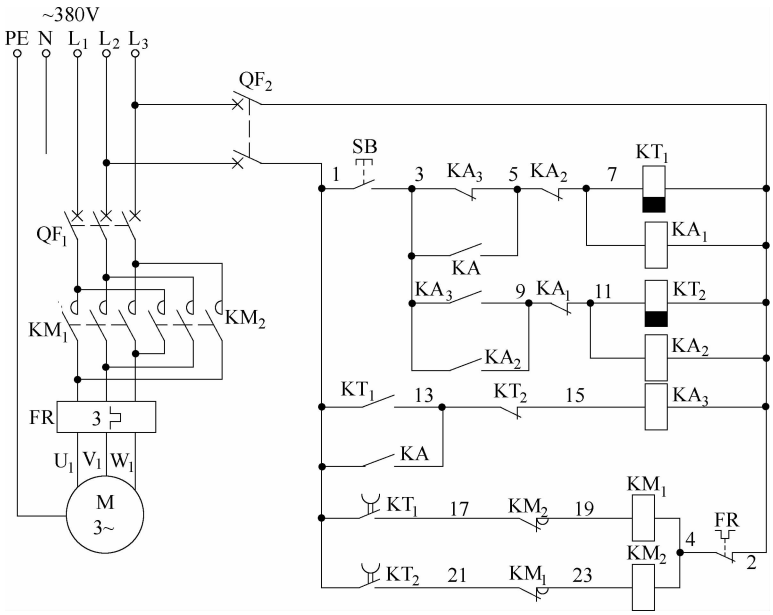


图 2-10　用一只按钮控制电动机正反转定时停机电路

1. 正转运行定时停机

第一次按下按钮 SB（1-3），中间继电器 KA_1、失电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合，KA_1 常开触点（3-5）闭合自锁，KA_1 常闭触点（9-11）断开，切断 KT_2、KA_2 线圈回路，起到互锁作用；同时 KT_1 瞬动触点（1-13）闭合，接通中间继电器 KA_3 线圈回路电源，KA_3 常开触点（1-13）闭合自锁，KA_3 常闭触点（3-5）断开，KA_3 常开触点（3-9）闭合，为第二次按下按钮 SB（1-3）时，禁止 KT_1、KA_1 线圈吸合，允许 KT_2、KA_2 线圈吸合做准备。同时失电延时时间继电器 KT_1 失电延时断开的常开触点（1-17）立即闭合，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机正转起动运转。松开按钮 SB（1-3），中间继电器 KA_1、失电延时时间继电器 KT_1 线圈均断电释放，KA_1 所有触点恢复原来状态，KT_1 瞬动触点也恢复原来状态，此时 KT_1 开始延时，经 KT_1 延时后（其延时时间可根据实际生产要求自行而定），KT_1 失电延时断开的常开触点（1-17）断开，切断了正转交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机正转运行定时停机。

2. 反转运行定时停机

第二次按下按钮 SB（1-3），由于中间继电器 KA_3 常开触点（3-9）的作用（此时已闭合），中间继电器 KA_2、失电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合，KA_2 常开触点（3-9）闭合自锁，KA_2 常闭触点（5-7）断开，切断 KT_1、KA_1 线圈回路，起到互锁作用；同时 KT_2 瞬动常闭触点（13-15）断开，切断了中间继电器 KA_3 线圈电源，KA_3 线圈断电释放，其所有触点恢复原来状态，为第三次按下按钮 SB（1-3）时，禁止 KT_2、KA_2 线圈吸合，允许 KT_1、KA_1 吸合做准备。同时失电延时时间继电器 KT_2 失电延时断开的常开触点（1-21）立即闭合，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机反转起动运转。松开按钮 SB（1-3），中间继电器 KA_2、失电延时时间继电器 KT_2 线圈均断电释放，KA_2 所有触点恢复原来状态，KT_2 瞬动触点也恢复原来状态，此时 KT_2 开始延时，经 KT_2 延时后（其延时时间可根据实际生产要求自行而定），KT_2 失电延时断开的常开触点（1-21）断开，切断了反转交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机反转运行定时停机。

总之，奇次按动按钮 SB（1-3）时，电动机正转运行并定时自动停机；偶次按动按钮 SB（1-3）时，电动机反转运行并定时自动停机。

★电路 57　多地正反转控制电路

这是一例多地正反转控制电路（见图 2-11）。正转起动时，按 SB_4 或 SB_5 或 SB_6（7-9），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（7-9）闭合自锁；KM_1 辅助常闭触点（25-27）断开，起互锁作用；KM_1 三相主触点闭合，电

动机得电正转起动运转。

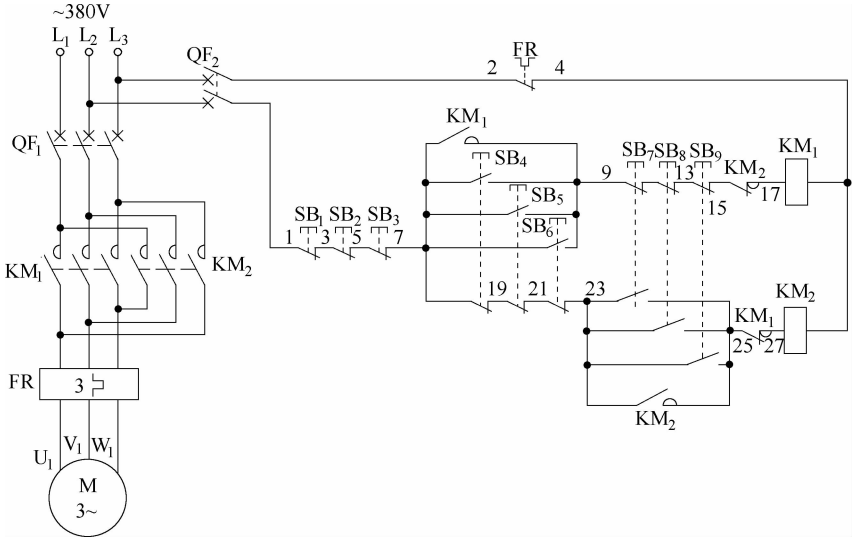


图 2-11　多地正反转控制电路

反转起动时，按 SB_7 或 SB_8 或 SB_9（23-25），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（23-25）闭合自锁；KM_2 辅助常闭触点（15-17）断开，起互锁作用；KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转。

需停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3）、SB_2（3-5）或 SB_3（5-7）即可。

★电路 58　三地控制电动机可逆点动、起动、停止电路

本例为三地控制电动机可逆点动、起动、停止电路，其具有按钮常闭触点互锁和交流接触器常闭触点互锁功能，可靠性很高（见图 2-12）。

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_4 或 SB_5 或 SB_6，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转。

2. 正转点动

按下正转点动按钮 SB_7 或 SB_8 或 SB_9 不松手，其 SB_7 或 SB_8 或 SB_9 的一组常闭触点断开，切断了交流接触器 KM_1 的自锁回路，使其不能自锁；同时 SB_7 或 SB_8 或 SB_9 的另一组常开触点闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转；松开点动按钮 SB_7 或 SB_8 或 SB_9，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转停止运转，从而完成正转点动操作。

3. 反转起动

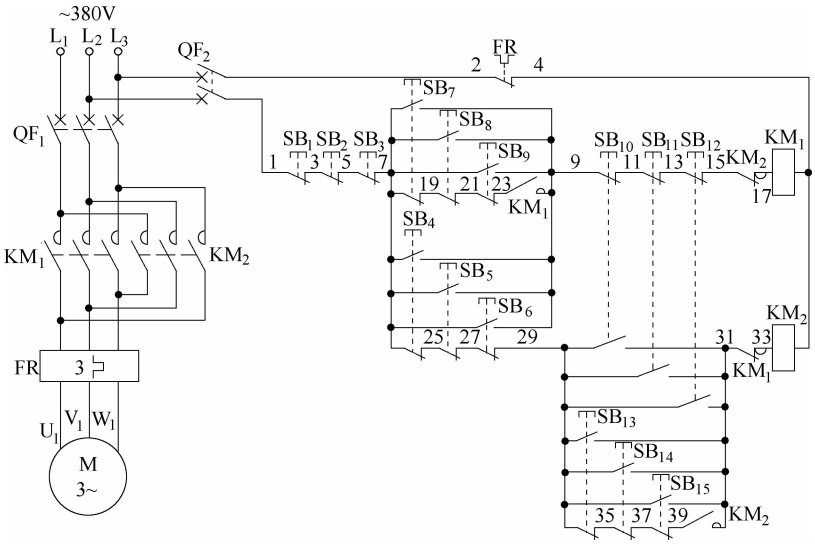


图 2-12　三地控制电动机可逆点动、起动、停止电路

按下反转起动按钮 SB_{10} 或 SB_{11} 或 SB_{12}，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转。

4. 反转点动

按下反转点动按钮 SB_{13} 或 SB_{14} 或 SB_{15} 不松手，其 SB_{13} 或 SB_{14} 或 SB_{15} 的一组常闭触点断开，切断了交流接触器 KM_2 的自锁回路，使其不能自锁；同时 SB_{13} 或 SB_{14} 或 SB_{15} 的另一组常开触点闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转；松开点动按钮 SB_{13} 或 SB_{14} 或 SB_{15}，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转停止运转，从而完成反转点动操作。

★电路 59　自动往返循环控制电路（一）

自动往返循环控制电路（一）如图 2-13 所示。

起动时，可任意按下正转起动按钮 SB_2 或反转起动按钮 SB_3 进行起动操作。倘若按下正转起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转，拖动工作台向左移动。当工作台向左移动到位后，碰块压合行程开关 SQ_1 时，SQ_1 动作转态，SQ_1 常开触点（1-21）闭合，使中间继电器 KA_1 线圈得电吸合，KA_1 常闭触点（7-9）断开，切断 KM_1 线圈的回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转运转停止。与此同时，中间继电器 KA_1 常开触点

（13-15）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（13-15）闭合自锁，电动机得电反转起动运转，拖动工作台向右移动。当电动机向右移动到位时，被压合的行程开关 SQ_1 恢复原始状态，SQ_1 常开触点（1-21）断开，使中间继电器 KA_1 线圈断电释放，其所有触点恢复原始状态，为再向左边移动到位转换做准备工作。当电动机向右移动到位后，碰块压合行程开关 SQ_2 时，SQ_2 常开触点（1-23）闭合，使中间继电器 KA_2 线圈得电吸合，KA_2 常闭触点（15-17）断开，切断 KM_2 线圈的回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转运转停止。与此同时，中间继电器 KA_2 常开触点（3-5）闭合，交流接触器 KM_1 线圈又重新得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机又重新得电正转起动运转，拖动工作台向左移动。当电动机向左移动到位时，被压合的行程开关 SQ_2 恢复原始状态，SQ_2 常开触点（1-23）断开，使中间继电器 KA_2 线圈断电释放，其所有触点恢复原始状态，为再向右边移动到位转换做准备工作。如此循环，实现工作台自动往返控制。

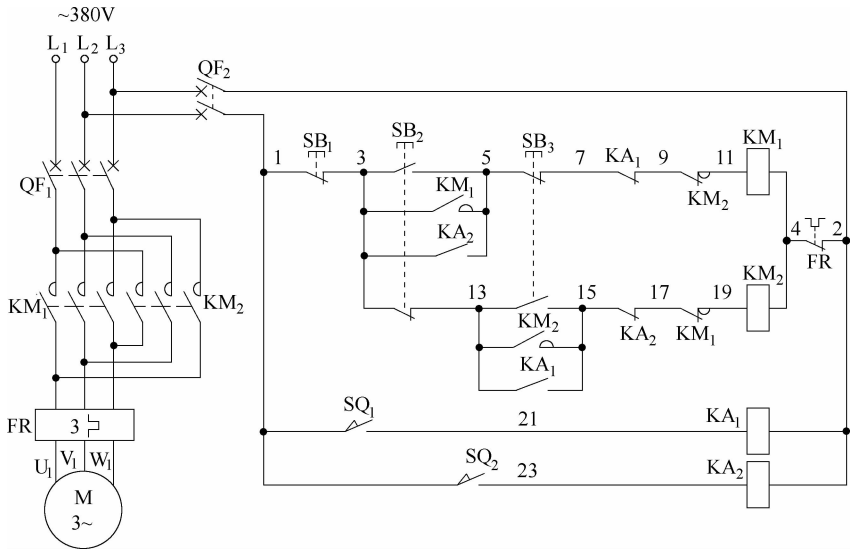


图 2-13　自动往返循环控制电路（一）

★电路 60　自动往返循环控制电路（二）

自动往返循环控制应用很广泛，特别适用于要求工作台在一定距离内能自动循环移动，对工件进行连续加工。

图 2-14a 所示是某工作台自动往返循环控制电路。

工作时可任意按下正转起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自

锁，其三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转，此时通过机械传动装置来拖动其工作台向左边缓慢移动。当工作台上的位置挡铁碰触到行程开关 SQ_1（此行程开关固定安装在床身上，工作流程如图 2-14b 所示）时，行程开关 SQ_1 串联在 KM_1 线圈回路中的一组常闭触点断开，交流接触器 KM 线圈断电释放，其主触点断开，电动机断电停止运转。与此同时，行程开关 SQ_1 并联在反转起动回路中的一组常开触点闭合，使反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁工作，其三相主触点闭合，电动机得电反转运转，拖动工作台向右缓慢移动，此时行程开关 SQ_1 复位，为下次转换做准备工作。当工作台移动到设定位置时，挡铁碰触到行

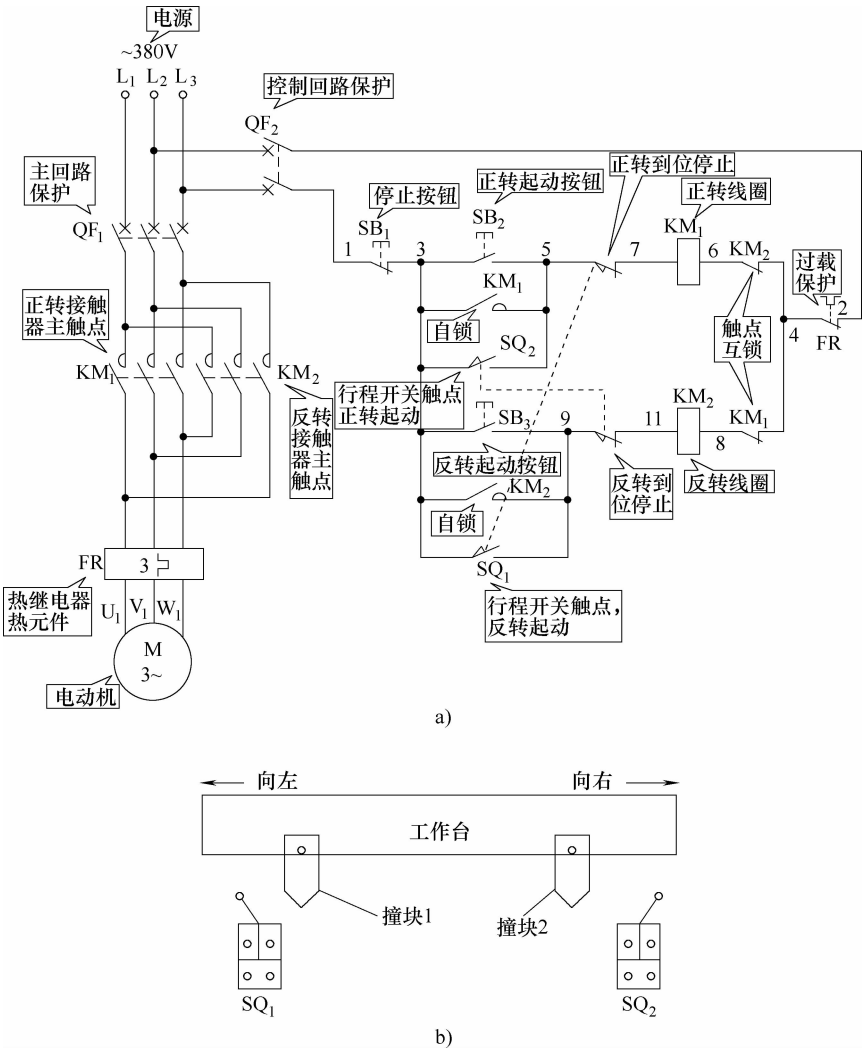


图 2-14　自动往返循环控制电路（二）

程开关 SQ_2 使其串联在 KM_2 线圈回路中的一组常闭触点断开，切断了反转交流接触器线圈回路电源，使 KM_2 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机断电反转停止工作。与此同时，行程开关 SQ_2 另一组并联在正转交流接触器 KM_1 线圈回路中的一组常开触点闭合，将交流接触器 KM_1 线圈回路接通工作，其三相主触点闭合，电动机又得电正转工作了。如此往返循环下去，直至工作完毕需人为地按下停止按钮 SB_1 后方可停止工作。

特别提醒：此类电路千万不要随意改变电源相序，有时搬迁设备后没在意而任意连接三相电源，出现相序错误，很可能出现行程开关失控问题，造成不必要的损失。

★电路 61　自动往返循环控制电路（三）

图 2-15 所示为另一种自动往返循环控制电路。

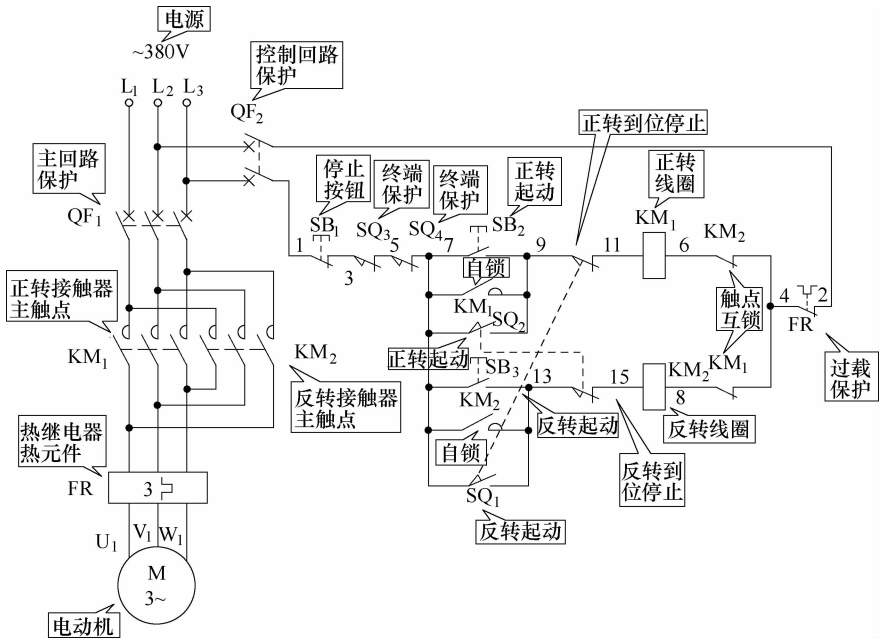


图 2-15　自动往返循环控制电路（三）

图 2-15 中，SQ_1 为正转到位停止，反转起动行程开关；SQ_2 为反转到位停止，正转起动行程开关；SQ_3 为正转终端保护行程开关；SQ_4 为反转终端保护行程开关。

按下反转起动按钮 SB_3，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁，其三相主触点闭合，电动机得电反转运转。此时通过机械传动装置来拖动工作台向右移

动，当工作台上的挡铁碰触到行程开关 SQ_2（固定在床身上）时，其串联在 KM_2 线圈回路中的一组常闭触点断开，反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电停止运转。与此同时，SQ_2 并联在正转交流接触器 KM_1 线圈回路中的一组常开触点闭合，正转交流接触器 KM_1 得电吸合且自锁，其三相主触点闭合，电动机得电正转运转，电动机拖动工作台向左移动，行程开关 SQ_2 复位，为下次工作做准备。当工作台向左移动到设定位置时，挡铁碰触到行程开关 SQ_1，此时，SQ_1 串联在正转交流接触器 KM_1 线圈回路中的一组常闭触点断开，切断了正转交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电正转停止工作。与此同时，行程开关的另一组并联在反转起动按钮 SB_3 上的常开触点闭合，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁，其三相主触点闭合，电动机又得电反转运转了。这样就如此这般地自动往返循环下去。欲需停止工作，则必须人为地按下停止按钮 SB_1 才能使电动机停止工作。

注意：为了保证工作台的安全性和可靠性，还在工作台的左右两端极限位置处又分别安装了两个行程开关 SQ_3、SQ_4，它们处于工作台正常的循环行程之外，起极限位置作用，倘若工作台循环行程开关 SQ_1、SQ_2 损坏失灵，则由 SQ_3、SQ_4 进行自动停机极限保护。SQ_3、SQ_4 因串联在控制电路中，安装时可不分左右端任意安装。

★电路 62　用 SAY7-20x/33 型复位式转换开关实现电动机正反转连续运转控制电路

本例采用一只三挡转速开关，其中间为停止位置，一、二挡分别为常开复位方式。将转换开关旋至一挡或二挡后松手，转换开关将自动恢复到中间停止挡位置。电路如图 2-16 所示。

1. 正转

将复位式转换开关 SA 旋至一挡后再松手，SA 复位，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电而正转起动；串联在反转回路中的 KM_1 辅助常闭触点（9-11）断开，起互锁作用。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-3）断开，停止兼电源指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-17）闭合，正转运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机已正转起动运转了。

2. 反转

电动机正转后，若需反转，则必须先按下停止按钮 SB（1-3），使正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放后，方可进行反转操作。

将复位式转换开关 SA 旋至二挡（3-9）后再松手，SA 复位，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭

合，电动机得电而反转起动；串联在正转回路中的 KM_2 辅助常闭触点（5-7）断开，起互锁作用。同时，KM_2 辅助常闭触点（13-15）断开，停止兼电源指示灯 HL_1 灭；KM_2 辅助常开触点（1-9）闭合，反转运转指示灯 HL_3 亮，说明电动机已反转起动运转了。

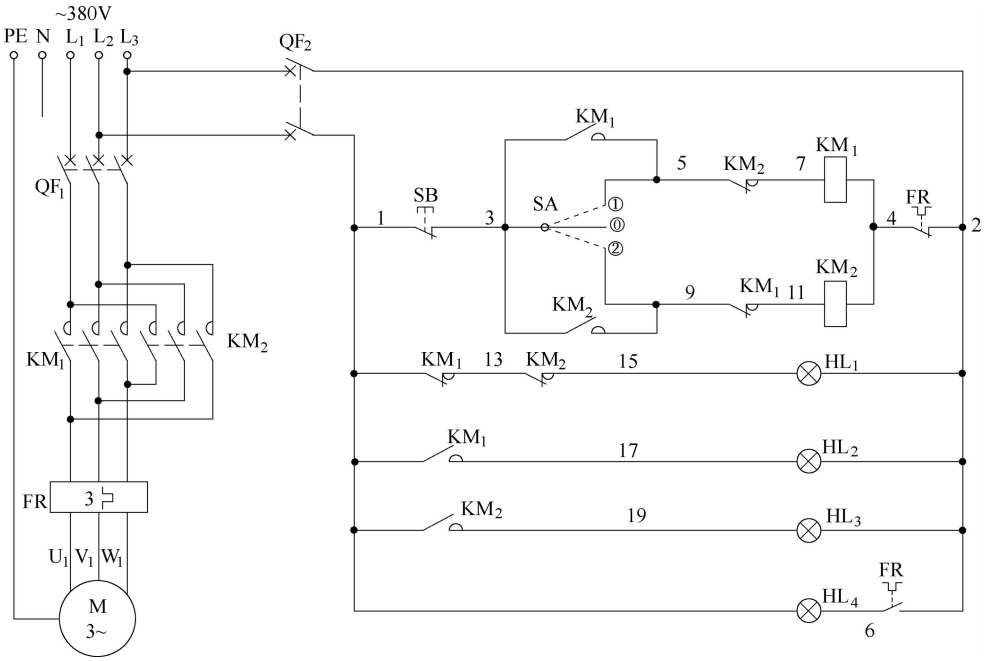


图 2-16　用 SAY7-20x/33 型复位式转换开关实现电动机正反转连续运转控制电路

★电路 63　效果极佳的防正反转转换电弧短路控制电路

在正反转转换时，由于转换快，极易出现电弧短路，造成短路事故的发生。本例采用一只失电延时时间继电器来延长转换时间，无论正转还是反转，转向时必须经过 2s 延时后方能进行起动操作，从而延长电弧的熄弧时间，杜绝事故的发生，如图 2-17 所示。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2（5-7），正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-9）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电而正转起动运转；KM_1 辅助常闭触点（17-19）断开，起到互锁作用；KM_1 辅助常开触点（3-21）闭合，接通失电时间延时继电器 KT 线圈电源，KT 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（3-21）闭合自锁，分别串联在正转、反转起动回路中的

KT 失电延时闭合的常闭触点（7-9、15-17）均立即断开，作为电弧联锁保护，为停止时 KT 失电延时闭合做准备。与此同时，KM_1 辅助常闭触点（1-23）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-27）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已得电正转起动。此时，假如想操作反转起动电路，由于失电延时时间继电器 KT 失电延时闭合的常闭触点（15-17）早已断开，反转起动操作无效。

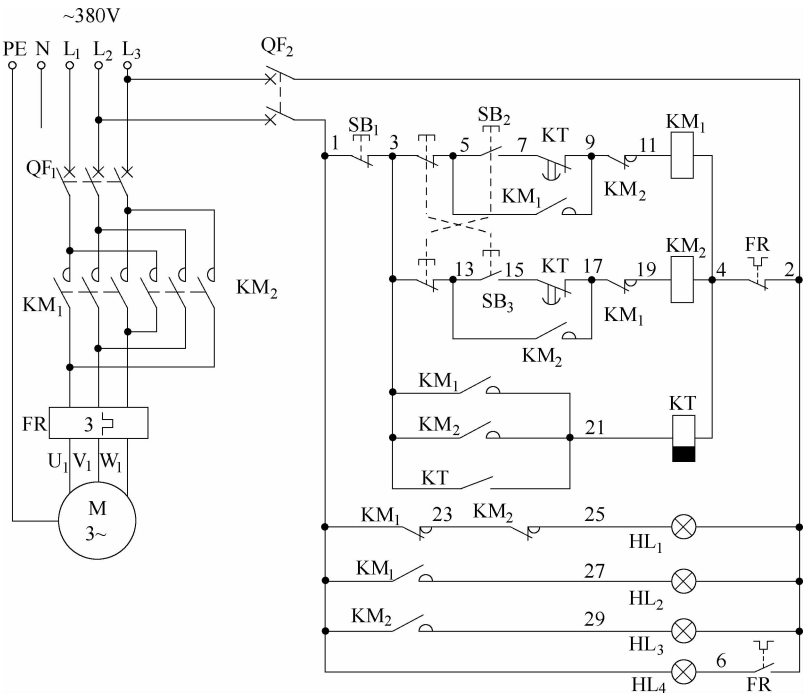


图 2-17　效果极佳的防止反转转换电弧短路控制电路

2. 反转起动

按下停止按钮 SB_1（1-3），正转交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT 线圈均断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电而停止正转运转；KT 开始延时。与此同时，KM_1 辅助常开触点（1-27）断开，指示灯 HL_2 灭；KM_1 辅助常闭触点（1-23）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机停止正转运转了。经 KT 3s 延时后，KT 失电延时闭合的常闭触点（7-9、15-17）闭合，这才允许操作反转电路，以此延长其转换时间，防止电弧短路。

实际上，在正转交流接触器 KM_1 三相主触点电弧完全熄灭后，即 KT 延时 3s 的电弧熄灭时间（时间还可以短一些，可根据实际情况而定）后，按下反转起动按钮 SB_3（13-15），反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（13-17）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电而起动反转运转；KM_2

辅助常闭触点（9-11）断开，起到互锁作用；KM_2 辅助常开触点（3-21）闭合，接通失电延时时间继电器 KT 线圈电源，KT 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（3-21）闭合自锁，分别串联在正转、反转起动回路中的 KT 失电延时闭合的常闭触点（7-9、15-17）均立即断开，作为电弧联锁保护，为停止时 KT 失电延时闭合做准备。与此同时，KM_2 辅助常闭触点（23-25）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_2 辅助常开触点（1-29）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已得电而反转起动运转。

★电路 64　功能非常完善的自动往返控制电路

该自动往返控制电路的功能非常完善，它具有正转点动、反转点动、自动往返、极限终端保护、极限终端保护报警及电源指示、正转指示、反转指示、电动机过载指示，如图 2-18 所示。其主要功能元件的作用简要说明如下。

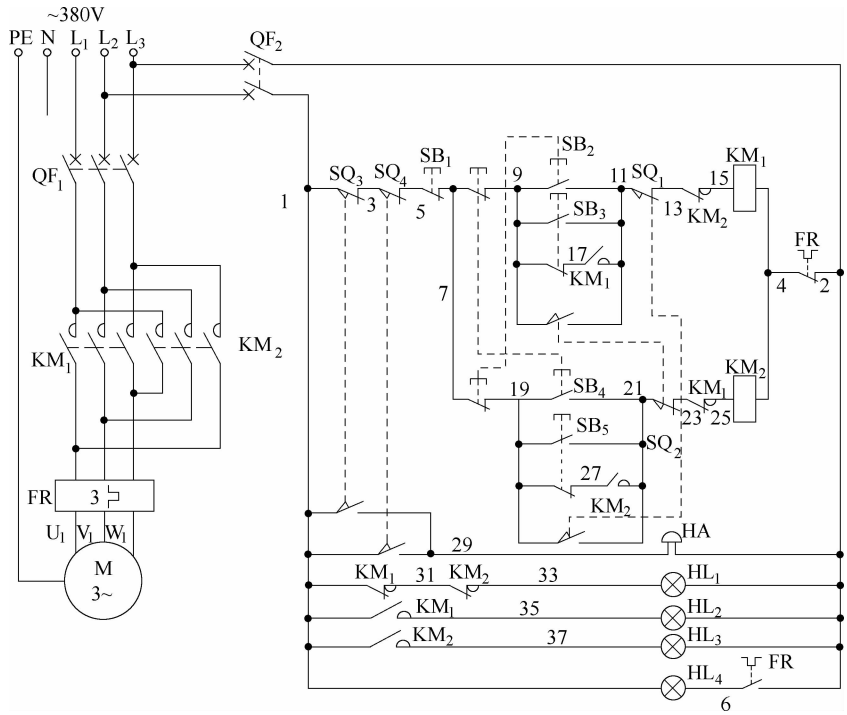


图 2-18　功能非常完善的自动往返控制电路

SB_1 为停止按钮，起停止作用；SB_2 为电动机正转按钮，起自动往返正转起动作用；SB_3 为电动机正转点动按钮，起正转点动作用；SB_4 为电动机反转按钮，起自动往返反转起动作用；SB_5 为电动机反转点动按钮，起反转点动作用。行程

开关 SQ_1 起正转停止、反转起动作用；SQ_2 起反转停止、正转起动作用；SQ_3 起正转极限保护和极限报警信号作用；SQ_4 起反转极限保护和极限报警作用。电铃 HA 起极限报警信号作用。HL_1 为电动机停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机正转运转指示灯；HL_3 为电动机反转运转指示灯；HL_4 为电动机过载指示灯。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电动机停止运转且电路有电。

1. 正转点动

按下正转点动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（9-17）首先断开，切断 KM_1 线圈的自锁回路，使其不能形成自锁；SB_3 的一组常开触点（9-11）闭合，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，拖动工作台向左移动；与此同时，KM_1 的一组辅助常闭触点（23-25）断开，起互锁作用，KM_1 的另一组辅助常闭触点（1-31）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 的一组常开触点（11-17）虽然闭合了，因 SB_3 常闭触点（9-17）的作用而无效，KM_1 的另一组常开触点（1-35）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机正转起动运转了。松开按下的正转点动按钮 SB_3，正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止运转，工作台向左移动停止；与此同时，KM_1 辅助常开触点（1-35）断开，指示灯 HL_2 灭，KM_1 辅助常闭触点（1-31）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机停止运转了。按动正转点动按钮 SB_3 的时间长短即为其正转点动运转时间。

2. 反转点动

按下反转点动按钮 SB_5，SB_5 的一组常闭触点（19-27）首先断开，切断 KM_2 线圈的自锁回路，使其不能形成自锁；SB_5 的一组常开触点（19-21）闭合，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，拖动工作台向右移动；与此同时，KM_2 的一组辅助常闭触点（13-15）断开，起互锁作用，KM_2 的另一组辅助常闭触点（31-33）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_2 的一组常开触点（21-27）虽然闭合了，因 SB_5 常闭触点（19-27）的作用而无效，KM_2 的另一组常开触点（1-37）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机反转起动运转了。松开按下的反转点动按钮 SB_5，反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转，工作台向右移动停止；与此同时，KM_2 辅助常开触点（1-37）断开，指示灯 HL_3 灭，KM_2 辅助常闭触点（31-33）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机停止运转了。按动反转点动按钮 SB_5 的时间长短即为其反转点动运转时间。

3. 自动往返循环控制

无论操作正转起动按钮 SB_2 还是反转起动按钮 SB_4，均能任意对其进行自动往返循环起动控制。若先按下正转起动按钮 SB_2，首先 SB_2 串联在反转交流接触

器 KM_2 线圈回路中的一组常闭触点（7-19）断开，切断反转交流接触器线圈回路起互锁保护作用；SB_2 的另一组常开触点（9-11）闭合，使正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（11-17）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，拖动工作台向左移动。与此同时，KM_1 辅助常闭触点（1-31）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-35）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机正转运转了。在此期间，可任意对电动机进行停止或反转起动操作，且反转起动时不需按下停止按钮后再进行操作，可进行直接操作。

当工作台向左移动到位后，左端限位开关 SQ_1 碰触压合动作，SQ_1 的一组常闭触点（11-13）断开，切断正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转运转停止，工作台向左移动停止；同时，KM_1 辅助常开触点（1-35）断开，指示灯 HL_2 灭，KM_1 辅助常闭触点（1-31）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机正转运转停止了。与此同时，SQ_1 的一组常开触点（19-21）闭合，接通了反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（21-27）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转，拖动工作台向右移动；同时 KM_2 辅助常闭触点（31-33）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_2 辅助常开触点（1-37）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机反转运转了。

当工作台向右移动到位后，右端限位开关 SQ_2 碰触压合动作，SQ_2 的一组常闭触点（21-23）断开，切断反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转运转停止，工作台向右移动停止；同时，KM_2 辅助常开触点（1-37）断开，指示灯 HL_3 灭；KM_2 辅助常闭触点（31-33）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机反转运转停止了。与此同时，SQ_2 的一组常开触点（9-11）闭合，接通了正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（11-17）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转，拖动工作台向左移动；同时 KM_1 辅助常闭触点（1-31）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-35）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机正转运转了。

如此这般，往返循环下去，实现自动往返循环控制。

4. 极限限位保护

当工作台向左或向右移动到位行程开关 SQ_1 或 SQ_2 损坏不能进行停止控制时，其工作台必然继续向此方向移动，无论向左还是向右移动碰触压合到极限行程开关 SQ_3 或 SQ_4 时，其常闭触点（1-3、3-5）断开，切断其交流接触器线圈回路电源，使其线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电停止运转。同时，SQ_3 或 SQ_4 的常开触点（1-29、1-29）闭合，接通报警电铃电路电源，电铃得电发出报警声，以告知出现超越限位故障。

★电路 65　一种往返循环自动回到原位停止控制电路

本电路可实现从起端到末端、再返回到起端的往返循环自动回到原位停止的控制。无论从哪一端起动，无论正转（工作台左移）还是反转（工作台右移），最终循环结束后都会自动回到原位停止，如图 2-19 所示。

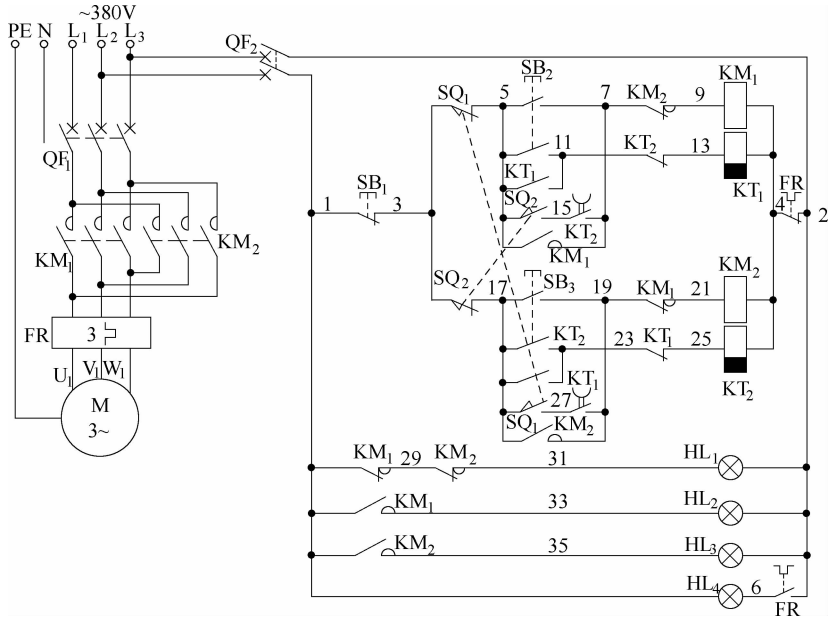


图 2-19　一种往返循环自动回到原位停止控制电路

合上断路器 QF_1、QF_2，电源兼停止指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. 工作台左移再返回到原位自动停止

按下工作台左移起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（5-11）闭合，接通失电延时时间继电器 KT_1 线圈电源，KT_1 线圈得电吸合，KT_1 不延时瞬动常开触点（5-11）闭合自锁；KT_1 失电延时断开的常开触点（19-27）瞬间闭合，为限制继续往返循环做准备。在按下 SB_2 的同时，SB_2 的另一组常开触点（5-7）闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转带动工作台向左移动；KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（19-21）断开，起到互锁保护作用。在 KM_1 线圈吸合的同时，KM_1 辅助常闭触点（1-29）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-33）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已得电正转运转，工作台向左移动。

当工作台向左移动到位时，行程开关 SQ_1 被撞块触动压合。此时，SQ_1 的一

组常闭触点（3-5）断开，切断交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT_1 线圈电源，KM_1、KT_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电而停止运转；KT_1 开始延时（设定延时时间为 3s）。在 KM_1 线圈断电的同时，指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机停止运转了。在行程开关 SQ_1 被撞块触动压合的同时，SQ_1 的另一组常开触点（17-27）闭合，与正在延时但还未断开的 KT_1 失电延时断开的常开触点（19-27）形成闭合回路，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（17-19）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，带动工作台向右移动；与此同时，串联在 KM_1 线圈回路中的 KM_2 辅助常闭触点（7-9）断开，起到互锁保护作用。在 KM_2 线圈吸合的同时，KM_2 辅助常闭触点（29-31）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_2 辅助常开触点（1-35）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已得电反转运转，工作台开始向右返回了。

经 KT_1 延时后（仅 3s 左右），KT_1 失电延时断开的常开触点（19-27）断开，保证工作台回到原位后不再循环。也就是说，在 SQ_1 被触动压合后（3s 内）又恢复原状，KT_1 失电延时断开的常开触点（19-27）必须断开。

当工作台返回到位时，行程开关 SQ_2 被撞块触动压合。此时，SQ_2 的一组常闭触点（3-17）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，使 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电而停止运转，从而使工作台停止移动。在行程开关 SQ_2 被撞块触动压合的同时，SQ_2 的另一组常开触点（5-15）闭合，为下次循环做准备。在 KM_2 线圈断电的同时，指示灯 HL_3 灭、HL_1 亮，说明电动机停止运转了。

至此，工作台左移再返回到原位自动停止的控制结束。

2. 工作台右移再返回到原位自动停止

按下工作台右移起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常开触点（17-23）闭合，接通失电延时时间继电器 KT_2 线圈电源，KT_2 线圈得电吸合，KT_2 不延时瞬动常开触点（17-23）闭合自锁；KT_2 失电延时断开的常开触点（7-15）瞬时闭合，为限制继续往返循环做准备。在按下 SB_3 的同时，SB_3 的另一组常开触点（17-19）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（17-19）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反向带动工作台向右移动；串联在 KM_1 线圈回路中的 KM_2 辅助常闭触点（7-9）断开，起到互锁保护作用。在 KM_2 线圈吸合的同时，KM_2 辅助常闭触点（29-31）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_2 辅助常开触点（1-35）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已得电反转运转，工作台向右移动。

当工作台向右移动到位时，行程开关 SQ_2 被撞块触动压合。此时，SQ_2 的一组常闭触点（3-17）断开，切断交流接触器 KM_2、失电延时时间继电器 KT_2 线圈电源，KM_2、KT_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电而停止运

转；KT_2 开始延时（设定延时时间为 3s 内）。在 KM_2 线圈断电的同时，指示灯 HL_3 灭、HL_1 亮，说明电动机停止运转了。在行程开关 SQ_2 被撞块触动压合的同时，SQ_2 的另一组常开触点（5-15）闭合，与正在延时但还未断开的 KT_2 失电延时断开的常开触点（7-15）形成闭合回路，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，带动工作台向左移动；串联在 KM_2 线圈回路中的 KM_1 辅助常闭触点（19-21）断开，起到互锁保护作用。在 KM_1 线圈吸合的同时，KM_1 辅助常闭触点（1-29）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-13）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已得电正转运转，工作台开始向左返回了。

经 KT_2 延时后（仅 3s 左右），KT_2 失电延时断开的常开触点（7-15）断开，保证工作台回到原位后不再循环。也就是说，在 SQ_2 被触动压合后（3s 内）又恢复原状，KT_2 失电延时断开的常开触点（7-15）必须断开。

当工作台返回到位时，行程开关 SQ_1 被撞块触动压合。此时，SQ_1 的一组常闭触点（3-5）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而使工作台停止移动。在行程开关 SQ_1 被撞块触动压合的同时，SQ_1 的另一组常开触点（17-27）闭合，为下次循环做准备。在 KM_1 线圈断电的同时，指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机停止运转了。

至此，工作台右移再返回到原位自动停止的控制结束。

★电路 66　不需按停止按钮即可任意手动改变方向的自动往返控制电路

有的自动往返控制电路在电路设计时虽然有正反转手动控制按钮，但需手动改变运转方向时必须先按下停止按钮，再操作相反转向起动按钮，在手动换向较频繁的场合使用很不方便。本电路不需按停止按钮即可任意手动改变运转方向，如图 2-20 所示。

合上断路器 QF_1、QF_2，指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. 自动往返控制

起动时，可任意按下正转或反转起动按钮 SB_2 或 SB_3，假设按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中的常闭触点（3-13）首先断开，起互锁作用；同时 SB_2 的另一组常开触点（5-7）闭合，使正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，带动工作台向左移动。同时，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机正转运转了。

当工作台向左移动到位时，行程开关 SQ_1 动作，SQ_1 的一组常闭触点（7-9）断开，切断了正转交流接触器 KM_1 线圈电源，使 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相

主触点断开，电动机正转停止运转；指示灯 HL_2 灭，说明电动机正转停止运转了。同时，并联在反转起动按钮 SB_3 两端上的 SQ_1 的另一组常开触点（13-15）闭合，接通反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（13-15）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，带动工作台向右移动；指示灯 HL_3 亮，说明电动机反转运转了。

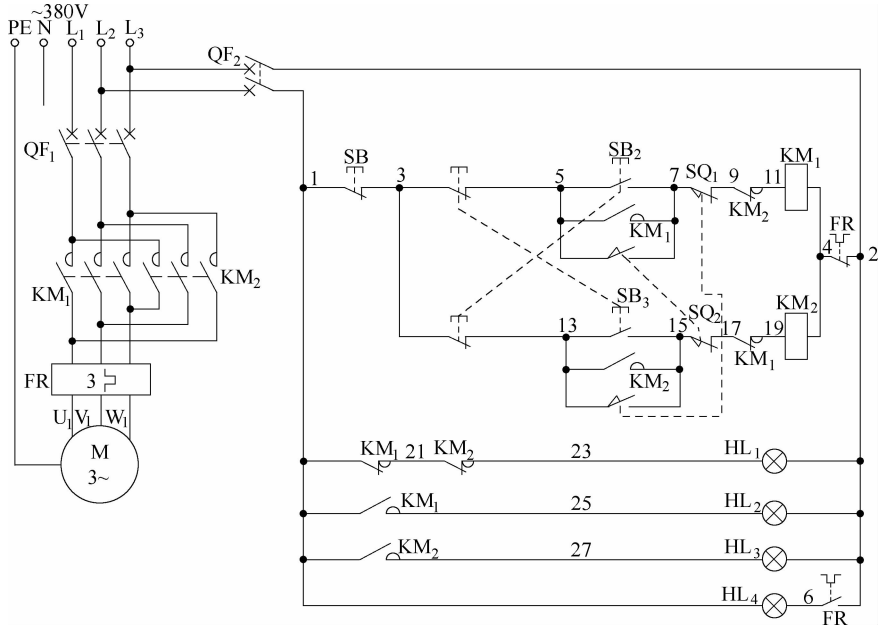


图 2-20　不需按停止按钮即可任意手动改变方向的自动往返控制电路

2. 手动控制

电动机反转时，若欲手动改变运转方向，不需要先按下停止按钮 SB_1（1-3），而直接按下正转起动按钮 SB_2 即可。

按下正转起动按钮 SB_2，串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中起互锁作用的 SB_2 的一组常闭触点（3-13）断开，切断反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机停止反转运转；串联在正转交流接触器 KM_1 线圈回路中的 SB_2 的另一组常开触点（5-7）闭合，接通正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，带动工作台向左移动，从而实现手动任意改变运转方向。

★电路 67　带有点动功能的自动往返控制电路

电路如图 2-21 所示。合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机

停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电动机处于停止状态且电源正常。

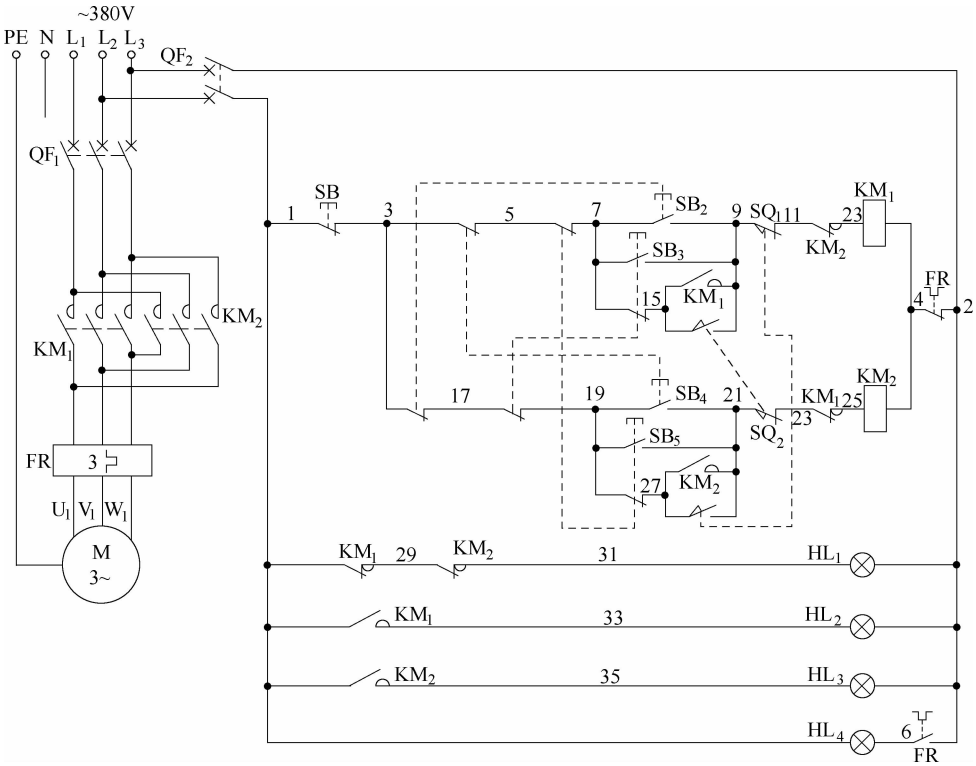


图 2-21　带有点动功能的自动往返控制电路

1. 正转点动操作

按下正转点动按钮 SB_3，SB_3 的两组常闭触点断开，其中 SB_3 的一组常闭触点（7-15）断开，切断交流接触器 KM_1 自锁回路；SB_3 的另一组常闭触点（17-19）断开，切断交流接触器 KM_2 线圈回路电源，起到互锁保护作用。同时，SB_3 的一组常开触点（7-9）闭合，接通正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转。松开 SB_3 后，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转点动停止。

在按下正转点动按钮 SB_3 时，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机得电正转运转。松开正转点动按钮 SB_3 后，指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机失电而停止运转了。

2. 反转点动操作

按下反转点动按钮 SB_5，SB_5 的两组常闭触点断开，SB_5 的一组常闭触点（19-27）断开，切断交流接触器 KM_2 自锁回路；SB_5 的另一组常闭触点（5-7）

断开，切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源，起到互锁保护作用。同时，SB_5 的一组常开触点（19-21）闭合，接通反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转。松开 SB_5 后，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转点动停止。

按下反转点动按钮 SB_5 时，指示灯 HL_1 灭、HL_3 亮，说明电动机得电反转运转了。松开反转点动按钮 SB_3 后，指示灯 HL_3 灭、HL_1 亮，说明电动机失电而停止反转运转。

3. 自动往返控制

可任意操作正转起动按钮 SB_2 或反转起动按钮 SB_4。倘若按下正转起动按钮 SB_2（7-9），正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（9-15）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，带动拖板向左移动。同时指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已正转运转了。

当拖板移动到位，左端行程开关 SQ_1 动作，SQ_1 常闭触点（9-11）断开，切断了正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，使 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止正转运转。同时，指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机失电停止正转运转了。与此同时 SQ_1 常开触点（21-27）闭合，使反转交流接触器 KM_2 得电吸合，KM_2 辅助常开触点（21-17）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，带动拖板向右移动。同时，指示灯 HL_1 灭、HL_3 亮，说明电动机已反转运转了。

当拖板移动到位后，右端行程开关 SQ_2 动作，SQ_2 常闭触点（21-23）断开，切断了反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，使 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止反转运转。同时，指示灯 HL_3 灭、HL_1 亮，说明电动机失电停止反转运转。与此同时，SQ_2 常开触点（9-15）闭合，又接通了正转交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机又重新得电正转运转。重复上述循环，从而完成自动往返控制。

★电路 68　仅用一只行程开关且有定时停机功能的自动往返控制电路

有些自动往返控制的工作台需人为控制停止，本例采用定时自动控制，如图 2-22 所示。合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. 起动时

按下起动按钮 SB_2（3-5），得电延时时间继电器 KT 线圈得电，KT 不延时瞬动常开触点（3-5）闭合自锁并开始延时。由于采用的是一只 LX19-232 型双轮不可复位行程开关，此时行程开关 SQ 常闭触点（5-9）闭合，接通了正转交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正

转运转，拖动工作台向左移动；KM_1 辅助常闭触点（13-15）断开，起互锁保护作用，以防反转交流接触器 KM_2 线圈同时得电吸合而造成相间短路事故。与此同时，KM_1 辅助常闭触点（1-17）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-21）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机得电正转运转了。

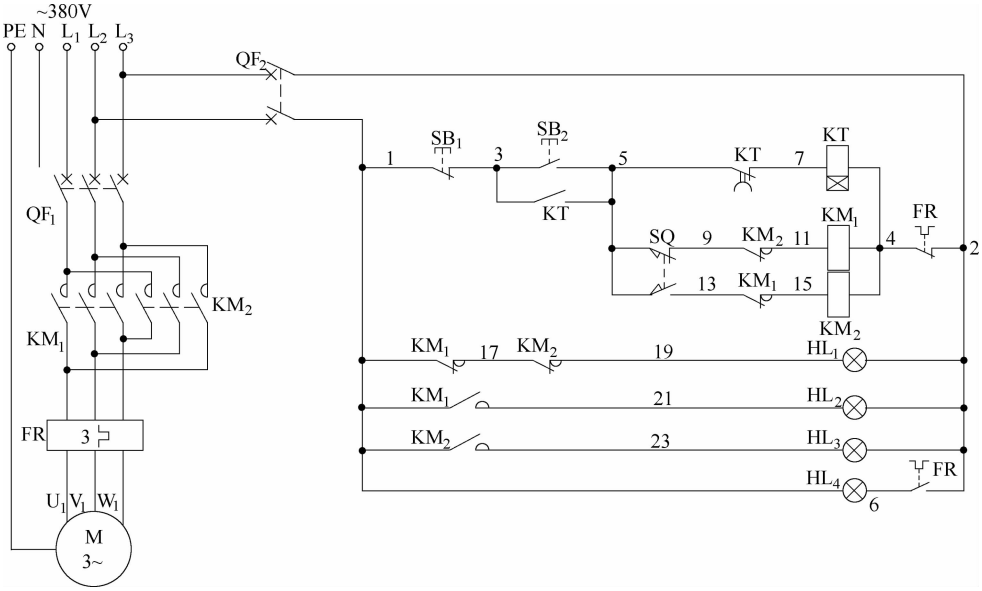


图 2-22　仅用一只行程开关且有定时停机功能的自动往返控制电路

2. 工作台向左移动到位时

拖板撞块碰触行程开关 SQ，使 SQ 动作转态，将原来的常闭触点（5-9）断开、常开触点（5-13）闭合，正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机正转运转停止；KM_1 常闭触点（13-15）恢复常闭，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，拖动工作台向右移动；KM_2 辅助常闭触点（9-11）断开，起互锁保护作用，以防正转交流接触器 KM_1 线圈同时得电吸合而造成相间短路事故。与此同时，KM_2 辅助常闭触点（17-19）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_2 辅助常开触点（1-23）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机得电反转运转了。

3. 工作台向右移动到位时

拖板撞块碰触行程开关 SQ，使 SQ 动作转态，使原来的常开触点（5-13）恢复常开、常闭触点（5-9）恢复常闭，正转交流接触器 KM_1 线圈又得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电又正转运转，拖动工作台向左移动。如此这般，往返循环。

4. 停止时

在 KT 延时时间内欲停止电动机时，按下停止按钮 SB_1（1-3）即可。

当 KT 延时的时间结束后，KT 得电延时断开的常闭触点（5-7）断开，切断 KT 得电延时时间继电器线圈电源，KT 线圈断电释放，KT 不延时常开触点（3-5）断开，切断正转或反转交流接触器 KM_1 或 KM_2 线圈回路电源，起到定时停止控制。

★电路 69　用一只按钮、一只行程开关实现自动往返及起停控制电路

电路如图 2-23 所示。合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电源兼停止指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

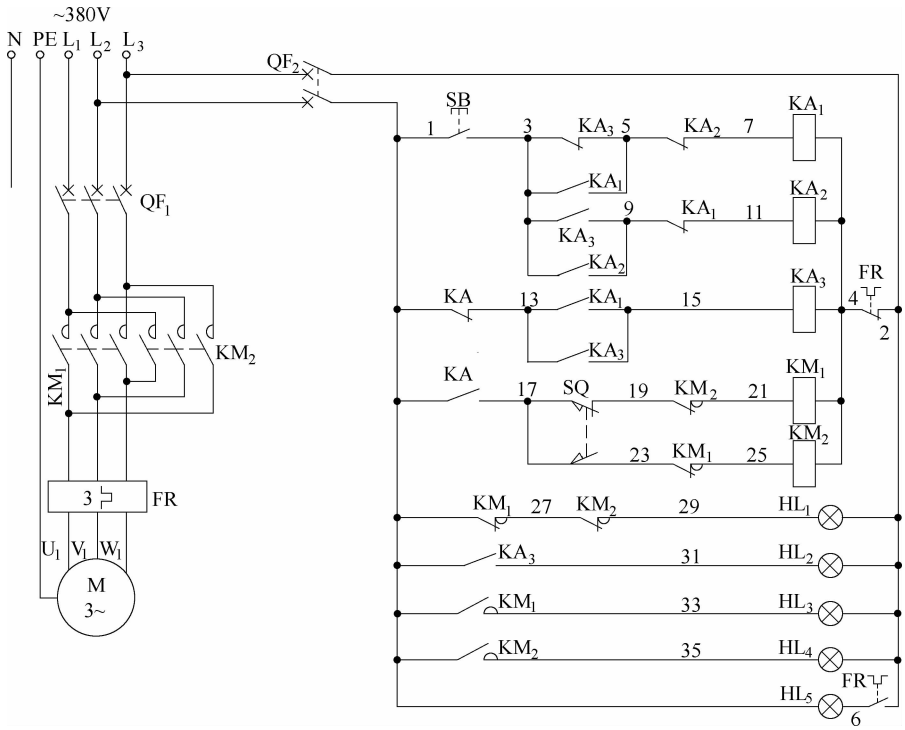


图 2-23　用一只按钮、一只行程开关实现自动往返及起停控制电路

1. 起动

奇次按下按钮 SB（1-3），中间继电器 KA_1 线圈得电吸合，KA_1 常开触点（3-5）闭合自锁；串联在 KA_2 线圈回路中的 KA_1 常闭触点（9-11）断开，起互锁作用；串联在 KA_3 线圈回路的 KA_1 常开触点（13-15）闭合，中间继电器 KA_3 线圈得电吸合，KA_3 常开触点（13-15）闭合自锁，串联在交流接触器 KM_1、

KM_2 线圈回路中的 KA_3 常开触点（1-17）闭合，为交流接触器 KM_1、KM_2 线圈提供控制电源。此时，串联在指示灯 HL_2 回路中的 KA_3 常开触点（1-31）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明起动条件已具备。

松开按钮 SB（1-3），中间继电器 KA_1 线圈断电释放，KA_1 所有触点恢复原始状态，为下一次按下按钮 SB（1-3）做停止控制准备。

2. 自动往返

当 KA_3 常开触点（1-17）闭合后，交流接触器 KM_1 线圈通过行程开关 SQ 的常闭触点（17-19）形成回路，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，带动拖板向左移动。与此同时，KM_1 辅助常闭触点（1-27）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-33）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已得电正转运转。

当电动机带动拖板向左移动到位后撞块触动行程开关 SQ 时，SQ 常闭触点（17-19）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电而停止正转运转。同时，指示灯 HL_3 灭、HL_1 亮，说明电动机已停止运转。在行程开关 SQ 动作后，SQ 常开触点（17-23）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，带动拖板向右移动。与此同时，KM_2 辅助常闭触点（27-29）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_2 辅助常开触点（1-35）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机已得电反转运转。

当电动机带动拖板向右移动到位后撞块触动行程开关 SQ 时，SQ 常开触点（17-23）恢复原始常开状态，切断了交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电而停止反转运转。同时，指示灯 HL_4 灭、HL_1 亮，说明电动机已停止运转。在行程开关 SQ 动作后，SQ 常闭触点（17-19）恢复原始状态，又接通了交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机又得电正转运转，带动拖板向左移动。如此这般，完成自动往返循环工作。

注意，行程开关采用 LX19-232 型双轮不可复位式。

3. 停止

偶次按下按钮 SB（1-3），中间继电器 KA_2 线圈在 KA_3 常开触点（3-9）的作用下得电吸合，KA_2 常开触点（3-9）闭合自锁，串联在 KA_3 线圈回路中的 KA_2 常闭触点（1-13）断开，切断了 KA_3 线圈电源，KA_3 线圈断电释放，KA_3 常开触点（1-17）断开，使交流接触器 KM_1 或 KM_2 线圈回路电源被切断而无法工作，完成停止控制。

★电路 70　仅用一只行程开关实现自动往返控制电路

仅用一只行程开关实现自动往返控制电路如图 2-24 所示。

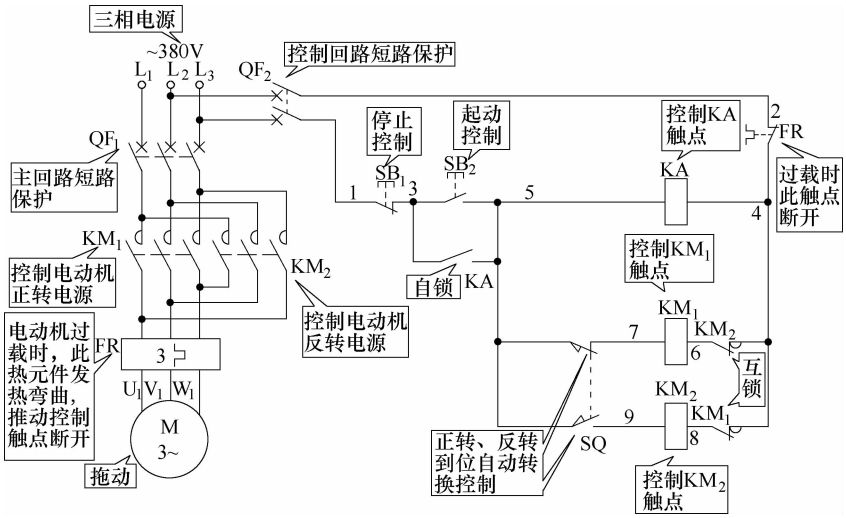


图 2-24　仅用一只行程开关实现自动往返控制电路

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（3-5）闭合自锁，为自动往返控制提供控制电源做准备。此时行程开关 SQ 的一组常闭触点（5-7）闭合，接通了正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，拖动工作台向左移动。当工作台向左移动碰触到行程开关 SQ 时，SQ 动作转态，SQ 的一组常闭触点（5-7）断开，切断了正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转运转停止。与此同时，SQ 的另一组常开触点（5-9）闭合，接通了反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，拖动工作台向右移动。当工作台向右移动碰到行程开关 SQ 时，SQ 动作转态，SQ 触点恢复原始状态，此时 SQ 的一组常开触点（5-9）断开，切断了反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转运转停止，拖动工作台向右移动停止；而正转交流接触器 KM_1 线圈在行程开关 SQ 的另一组常闭触点（5-7）的作用下又重新得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，又拖动工作台向左移动。如此这般循环下去。

2. 停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），中间继电器 KA 线圈断电释放，KA 常开自锁触点（3-5）断开，切断控制回路交流接触器 KM_1 或 KM_2 线圈回路电源，KM_1 或 KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

★电路 71　仅用 4 根导线控制的正反转起停电路

通常的正反转按钮互锁控制电路需从按钮上引出 5 根以上导线，本例中仅用 4 根导线，即 1#、3#、7#、11#线（见图 2-25）。

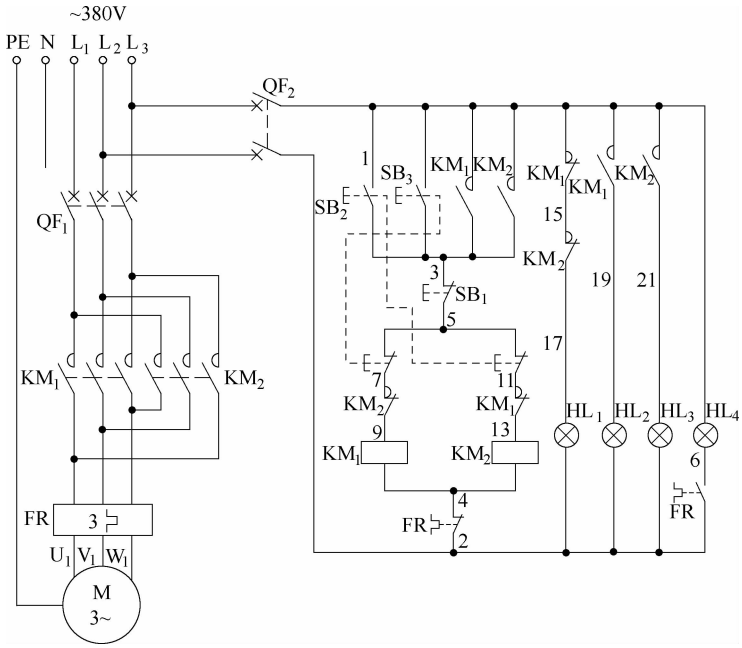


图 2-25　仅用 4 根导线控制的正反转起停电路

1. 正转起动

正转起动时，按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（5-11）断开，切断反转交流接触器 KM_2 线圈的回路电源，起到按钮互锁作用；SB_2 的另一组常开触点（1-3）闭合，接通正转交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（1-3）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转。同时 KM_1 的一组辅助常闭触点（11-13）断开，切断反转交流接触器 KM_2 线圈的回路电源，起到接触器触点互锁作用，KM_1 的另一组辅助常闭触点（1-15）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 的另一组常开触点（1-19）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已正转运转了。

2. 反转起动

反转起动时，按下反转起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（5-7）断开，切断正转交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，使正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转运转停止；KM_1 所有辅助常开、常闭触点恢复原始状态。此时，反转交流接触器 KM_2 线圈在反转起动按钮 SB_3 的一组常开触点（1-3）的作用下得电吸合，且 KM_2 辅助常开触点（1-3）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转。同时 KM_2 的一组辅助常闭触点（7-9）断开，切断正转交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，起到接触器常闭触点互锁作用，KM_2 的另一组辅助常闭触点（15-17）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_2 的另一组常开触点（1-21）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已反转运转了。

3. 停止

停止时，无论电动机处于正转还是反转运转状态，只要按下停止按钮 SB_1（3-5），都会切断其控制电动机电源的交流接触器 KM_1 或 KM_2 线圈的回路电源，使 KM_1 或 KM_2 线圈断电释放，KM_1 或 KM_2 各自的三相主触点断开，电动机失电停止运转。同时指示灯 HL_2 或 HL_3 灭，HL_1 亮，说明电动机已停止运转了。

本电路比较巧妙，也非常容易记忆，两只起动按钮 SB_2、SB_3 的常开触点（1-3）与 KM_1、KM_2 辅助常开自锁触点（1-3）并联起来，再与停止按钮 SB_1（3-5）串联起来，然后停止按钮 SB_1 的 $5^{\#}$线再与两只起动按钮 SB_2、SB_3 的常闭触点（5-7、5-11）并联，$7^{\#}$、$11^{\#}$线分别连至正、反转控制回路即可。

★电路 72　只有按钮互锁的可逆点动控制电路

只有按钮互锁的可逆点动控制电路如图 2-26 所示。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作做准备。

正转点动：按下正转点动按钮 SB_1 不松手，SB_1 的一组串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中的常闭触点（7-9）断开，起到互锁作用，SB_1 的另一组常开触点（1-3）闭合，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，拖动设备正转工作。松开正转点动按钮 SB_1，正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止运转，拖动设备正转点动停止工作。

反转点动：按下反转点动按钮 SB_2 不松手，SB_2 的一组串联在正转交流接触器 KM_1 线圈回路中的常闭触点（3-5）断开，起到互锁作用，SB_2 的另一组常开触点（1-7）闭合，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，

电动机得电反转运转，拖动设备反转工作；松开反转点动按钮 SB_2，反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转，拖动设备反转点动停止工作。

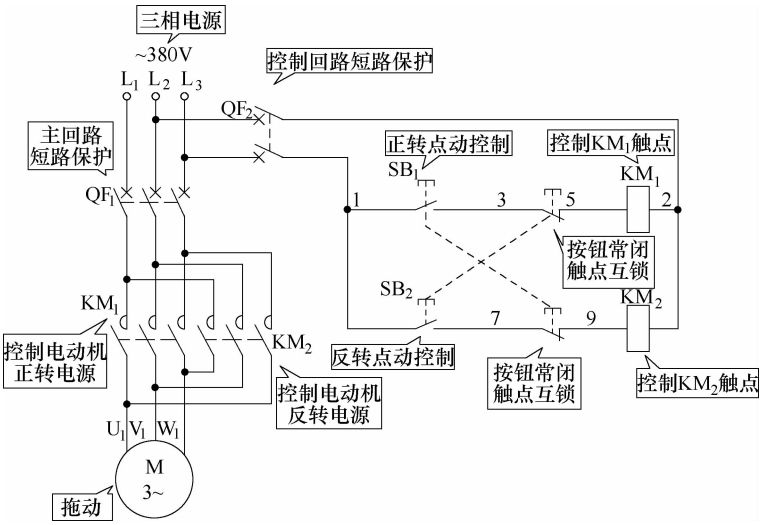


图 2-26　只有按钮互锁的可逆点动控制电路

★电路 73　只有按钮互锁的可逆起停控制电路

图 2-27 所示电路采用单一的按钮互锁（即利用正反转起动按钮的常闭触点进行互锁保护），从安全角度讲并不是十分完美，但实际应用较多。

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转。在按下正转起动按钮 SB_2 的同时，由于其串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中的常闭触点断开，从而使 KM_2 无法工作，实现按钮互锁保护。

2. 反转起动

按下反转起动按钮 SB_3，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，在按下反转起动按钮 SB_3 的同时，由于其串联在正转交流接触器 KM_1 线圈回路中的常闭触点断开，从而使 KM_1 无法工作，实现按钮互锁保护。

3. 停止

无论正转还是反转工作时，若需停止，则按下停止按钮 SB_1 即可实现。

本电路在正反转转换时，不需要先按停止按钮，可直接进行正反转操作。

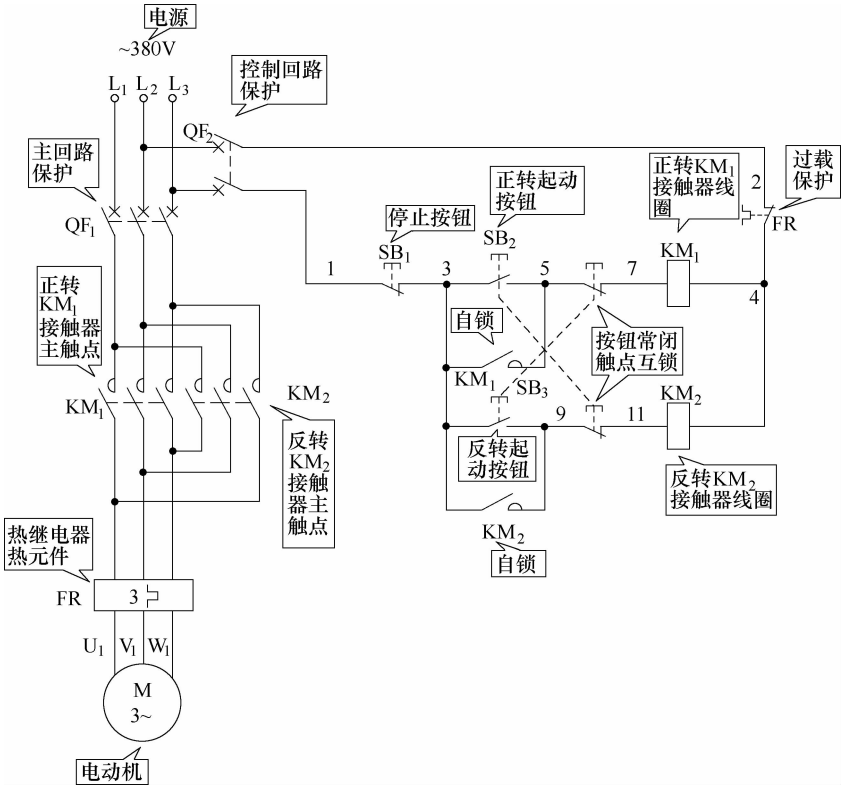


图 2-27　只有按钮互锁的可逆起停控制电路

★电路 74　接触器、按钮双互锁可逆起停控制电路

图 2-28 所示为接触器、按钮双互锁可逆起停控制电路。本电路是非常标准的正反转控制电路，可靠性很高，是电工首选电路。

在正转起动时，其起动按钮 SB_2 的常闭触点首先断开了反转接触器 KM_2 线圈回路电源（第一种互锁保护），当正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的常闭触点又断开（进行第二种互锁保护），使 KM_2 线圈无法得电吸合动作，反转电路与正转电路相同。这样，无论在正转或反转操作时，不用先按下停止按钮 SB_1 即可任意正、反转起动。同时还可避免因交流接触器主触点发生熔焊分不断时出现短路事故。

★电路 75　有接触器辅助常闭触点互锁及按钮常闭触点互锁的可逆点动控制电路

图 2-29 所示为有接触器辅助常闭触点互锁及按钮常闭触点互锁的可逆点动控制电路。

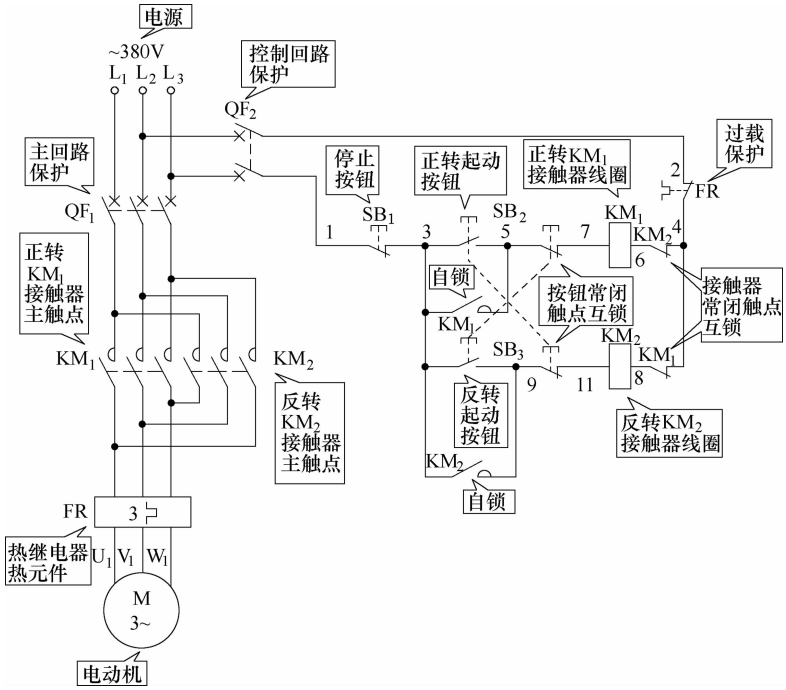


图 2-28　接触器、按钮双互锁可逆起停控制电路

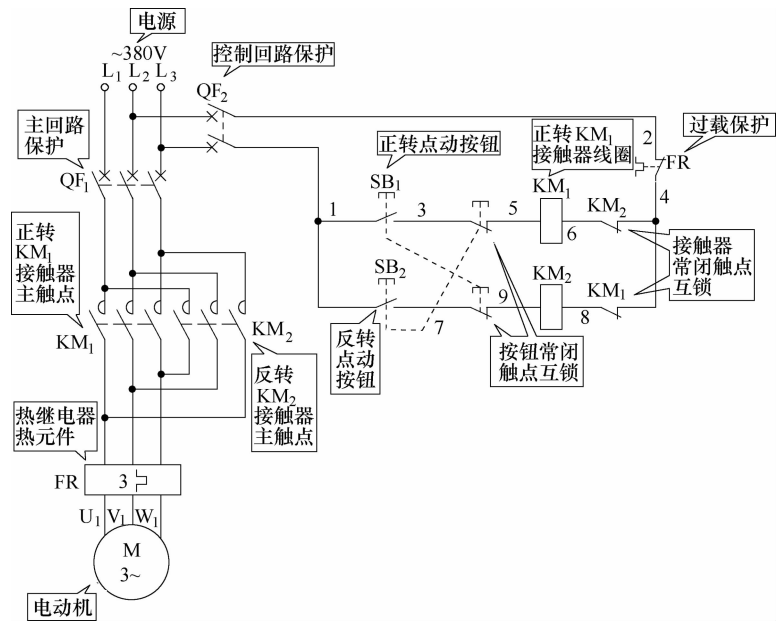


图 2-29　有接触器辅助常闭触点互锁及按钮常闭触点互锁的可逆点动控制电路

可以这样说，本电路集中了接触器互锁、按钮互锁的优点，组成了具有双重互锁的可逆点动控制电路。电路中由于互锁可靠可避免当一只接触器主触点发生熔焊分断不开而另一只接触器也同时吸合时，造成严重的短路事故。

正转点动时，按下按钮 SB_1，SB_1 串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中的常闭触点断开，起到按钮互锁作用，此时，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点断开，起到双重互锁作用。这时 SB_1 常开触点闭合，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机正转运转。当手松开按钮 SB_1 后，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机停止运转，即为点动操作。

反转点动操作与正转点动操作相同，本节不再介绍。

★电路 76　可逆点动与起动混合控制电路

可逆点动与起动混合控制电路如图 2-30 所示。

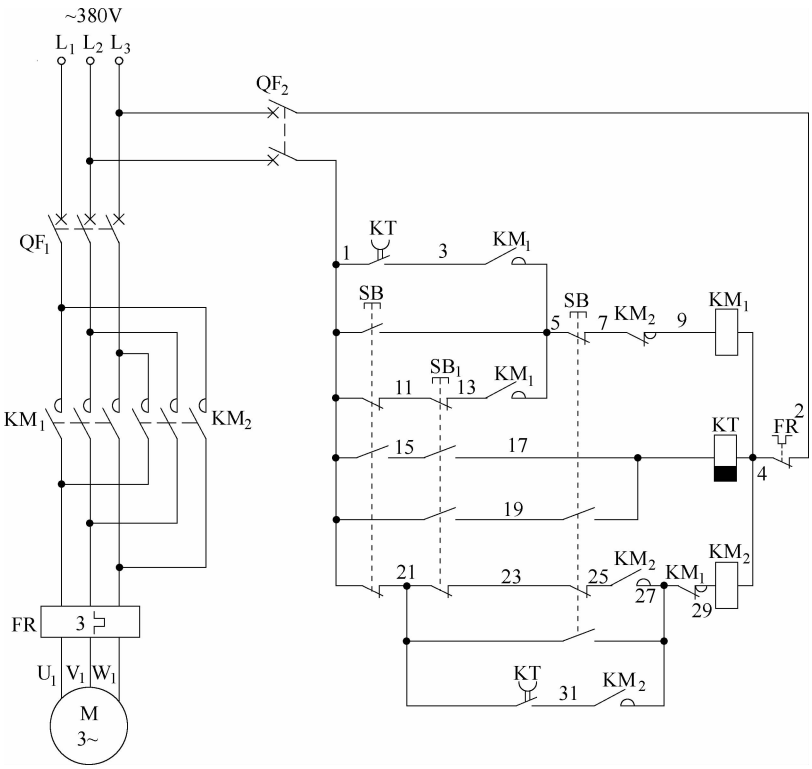


图 2-30　可逆点动与起动混合控制电路

1. 正转点动

按下按钮 SB_2 不放手，SB_2 的一组常闭触点（1-11）断开，切断自锁回路；SB_2 的另一组常开触点（1-5）闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转。松开按钮 SB_2，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止运转。至此，完成正转点动控制。

2. 正转起动连续运转

同时按下按钮 SB_1 和 SB_2，SB_2 的一组常开触点（1-5）闭合，接通了交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，KM_1 线圈得电吸合，SB_2 的另一组常闭触点（1-11）断开，使其不能自锁，KM_1 的两组辅助常开触点（3-5、5-13）均闭合，为后续自锁做准备。因 SB_1 和 SB_2 均被按下，SB_1 和 SB_2 相串联的两组常开触点（1-15、15-17）闭合，接通了失电延时时间继电器 KT 线圈的回路电源，KT 线圈得电吸合，KT 失电延时断开的常开触点（1-3）立即闭合，与早已闭合的 KM_1 辅助常开触点（3-5）组成临时过渡自锁回路，将 KM_1 线圈回路自锁起来，这样，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转。松开被按下的按钮 SB_1 和 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（1-11）闭合，与早已闭合的 KM_1 辅助常开触点（5-13）组成运转后的自锁回路，此时 KM_1 线圈回路实际上具有两条自锁回路。在松开按钮 SB_1 和 SB_2 的同时，失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放并开始延时，经 KT 一段延时（2s）后，KT 失电延时断开的常开触点（1-3）断开，将 KM_1 线圈的一路临时过渡自锁回路切除。至此，完成正转起动连续运转控制。

3. 反转点动

按下按钮 SB_3 不放手，SB_3 的一组常闭触点（23-25）断开，切断自锁回路；SB_3 的另一组常开触点（21-27）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转。松开按钮 SB_3，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转。至此，完成反转点动控制。

4. 反转起动连续运转

同时按下按钮 SB_1 和 SB_3，SB_3 的一组常开触点（21-27）闭合，接通了交流接触器 KM_3 线圈的回路电源，KM_3 线圈得电吸合，SB_3 的另一组常闭触点（23-25）断开，使其不能自锁，KM_2 的两组辅助常开触点（25-27、27-31）均闭合，为后续自锁做准备。因 SB_1 和 SB_3 均被按下，SB_1 和 SB_3 相串联的两组常开触点（1-19、17-19）闭合，接通了失电延时时间继电器 KT 线圈的回路电源，KT 线圈得电吸合，KT 失电延时断开的常开触点（21-31）立即闭合，与早已闭合的 KM_2 辅助常开触点（27-31）组成临时过渡自锁回路，将 KM_3 线圈回路自锁起来，这样，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转工作。松开按钮 SB_1 和 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（23-25）闭合，与早已闭合的 KM_2 辅助常开触点（25-27）组成运转后的自锁回路，此时 KM_2 线圈回路实际上具有两条自锁回路。在松开按钮 SB_1 和 SB_3 的同时，失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放并开始延

时，经 KT 一段延时（2s）后，KT 失电延时断开的常开触点（21-31）断开，将 KM_2 线圈的一路临时过渡自锁回路切除。至此，完成反转起动连续运转控制。

电路中，失电延时时间继电器 KT 具有两组失电延时断开的常开触点（1-3、21-31），在正转操作时，虽然其两组触点都动作，但只有（1-3）起作用，而（21-31）无用；在反转操作时，只有（21-31）起作用，而（1-3）无用。

★电路 77　具有三重互锁保护的正反转控制电路

通常正反转起动电路均采用双重互锁保护，即按钮互锁、交流接触器常闭触点互锁。本电路具有三重互锁保护，即按钮互锁、交流接触器常闭触点互锁、失电延时时间继电器失电延时闭合的常闭触点互锁，可谓是互锁程度极高，如图 2-31 所示。

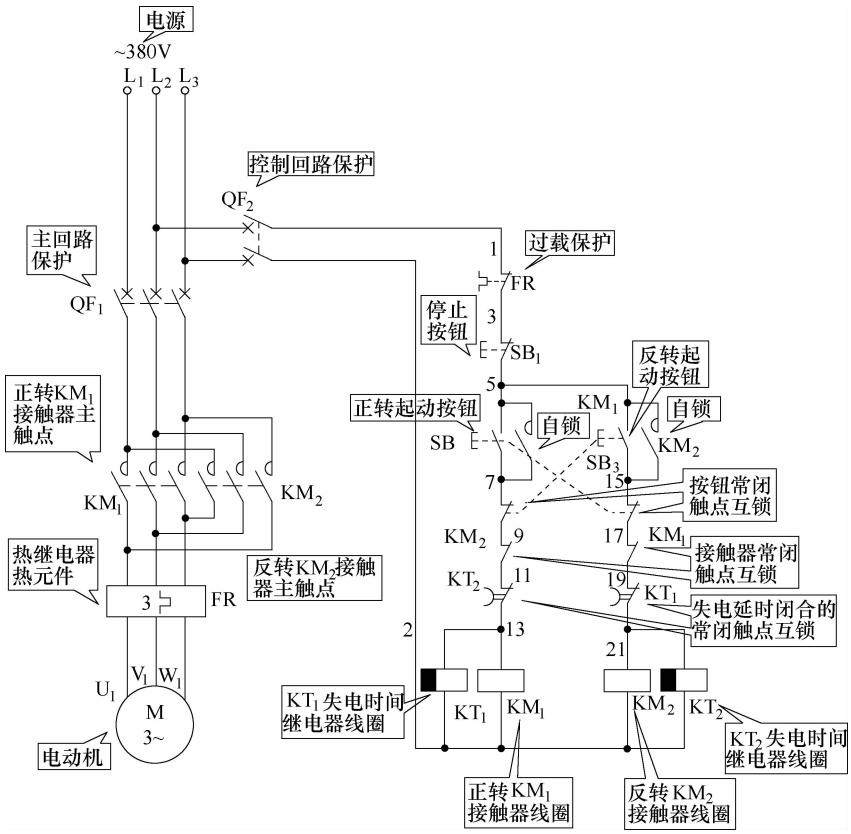


图 2-31　具有三重互锁保护的正反转控制电路

正转起动时，按下正转起动按钮 SB_2，此时 SB_2 常闭触点断开反转交流接触器 KM_2 线圈回路，起到互锁保护，同时 SB_2 常开触点闭合，交流接触器 KM_1、

失电延时时间继电器 KT_1 线圈同时得电吸合。KM_1 主触点闭合，电动机 M 正转起动运行。KM_1 常闭触点、KT_1 延时闭合的常闭触点均断开，使 KM_2 线圈回路同时有三处断开点进行互锁，从而起到可靠的互锁保护。当需要反转时，按下反转起动按钮 SB_3，此时，正转交流接触器 KM_1 线圈失电释放，电动机 M 正转停止工作，但 KT_1 失电延时几秒后其常闭触点才能恢复闭合，即使按下反转起动按钮也不能反转起动，则必须按动反转起动按钮 2s 后（设定时间可任意调整），反转才能起动，从而真正起到互锁保护。

★电路 78　防止相间短路的正反转控制电路（一）

很多正反转控制电路由于设计缺陷，造成交流接触器主触点出现弧光短路事故。为防止类似问题发生，设计出完善的保护装置，是减少弧光短路的有效方法。图 2-32 所示电路就是通过增加一只交流接触器 KM，来延长转换时间以防止弧光短路。

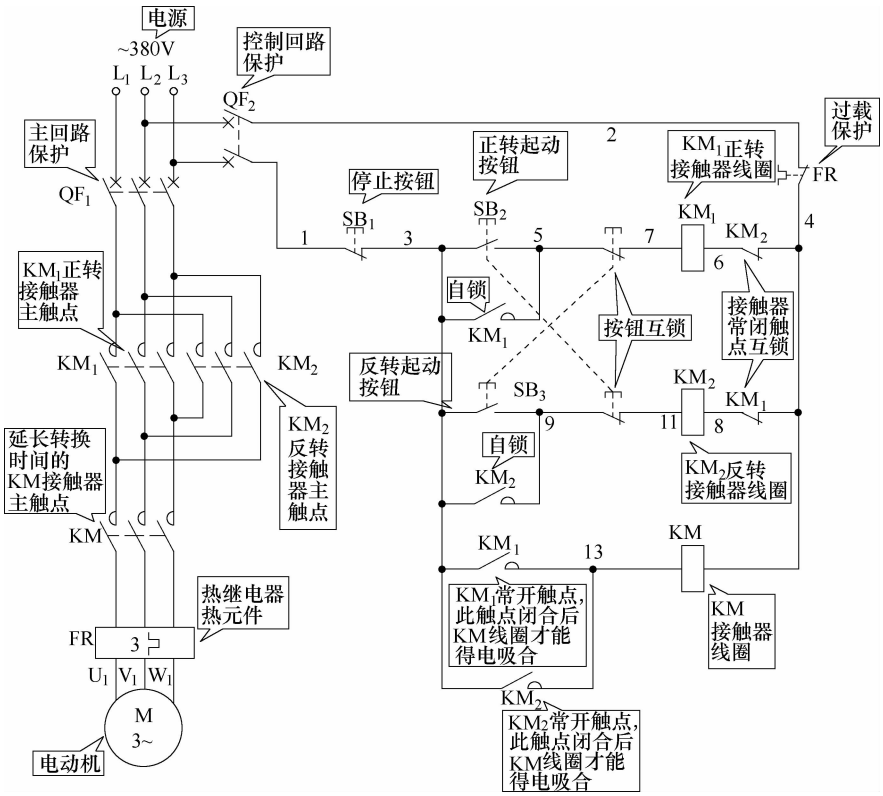


图 2-32　防止相间短路的正反转控制电路（一）

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，其辅助常开触点闭合自锁，三相主触点闭合为电动机运转做准备工作（由于 KM_1 + KM，电动机才能正转得电工作），同时 KM_1 的另一只辅助常开触点闭合接通了防止电弧接触器 KM 线圈回路电源，交流接触器 KM 得电吸合，其主触点闭合，电动机通以三相电源而正转起动运转。从原理图中可以看出，起动时，先主触点 KM_1 闭合，再主触点 KM 闭合，它们之间存在一定时间差，从而减少弧光短路事故。

2. 反转起动

按下反转起动按钮 SB_3，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁，KM_2 三相主触点闭合，改变了电源相序，为电动机起动运转做准备工作（由于 KM_2 + KM，电动机才能反转得电工作），同时，KM_2 的另一只辅助常开触点闭合，接通了交流接触器 KM 线圈回路电源，交流接触器 KM 得电吸合，其三相主触点闭合，电动机通入三相电源而反转起动运转。

上述正转起动和反转起动可简单归纳如下。

正转起动：先 KM_1 主触点闭合 + 间隔时间 + 再 KM 主触点闭合。

反转起动：先 KM_2 主触点闭合 + 间隔时间 + 再 KM 主触点闭合。

停止：无论电路工作处在正转还是反转状态，只要按下停止按钮 SB_1 即可将控制电路电源切断，使其操作线圈回路断电而释放，主触点断开，电动机停止运转。

★电路 79　防止相间短路的正反转控制电路（二）

为了防止电动机在正、反转换接时，出现相间短路而造成事故，在通常的设计中都采用双重互锁保护电路，也就是经常用到的按钮常闭触点互锁和交流接触器辅助常闭触点互锁，将它们串联在相反线圈回路中来限制其操作。图 2-33 所示电路介绍的是在电动机得电运转时，中间继电器 KA 线圈也得电吸合，KA 的两只常闭触点分别串联在正转起动按钮 SB_2、反转起动按钮 SB_3 回路中，此时 KA 两只常闭触点断开，将限制正转起动按钮 SB_2、反转起动按钮 SB_3 的起动操作，但不影响电路的停止工作。若电路处于正转工作时，欲反转，那么正转交流接触器 KM_1 线圈则必须先断电释放，其三相主触点断开，电动机断电停止运转的同时，中间继电器 KA 线圈也断电释放，KA 常闭触点恢复常闭状态，才能为反转起动提供通路，这样，经过中间继电器 KA 的转换，避免了交流接触器在正反转转换时很可能因电动机电流很大而引起的弧光短路。

提醒：此电路中间继电器 KA 线圈电压为 220V，若只有线圈电压为 380V 时，可将此线圈直接并联在交流接触器 KM_1、KM_2 下端任意两相上即可。

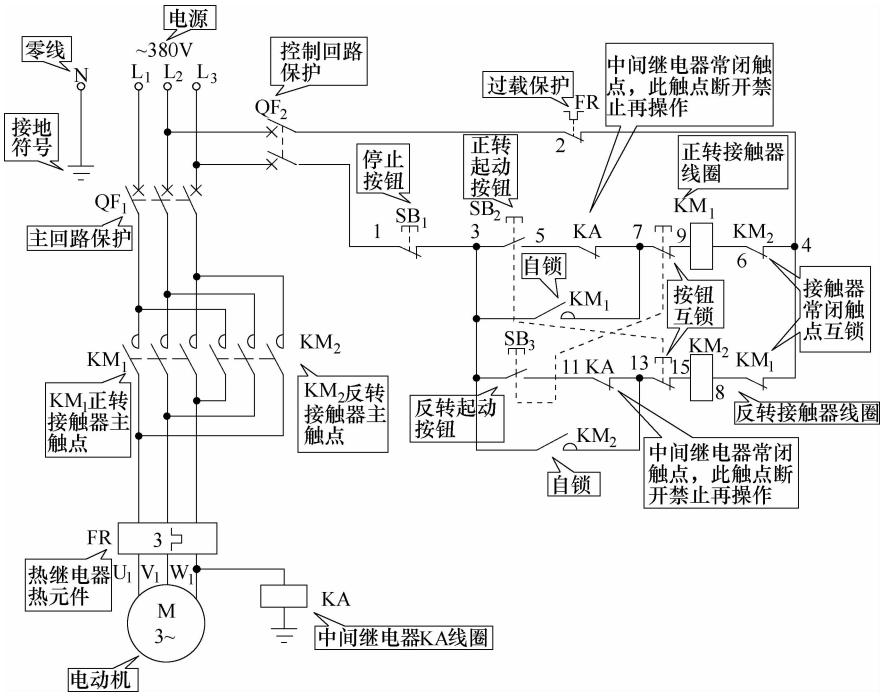


图 2-33　防止相间短路的正反转控制电路（二）

★电路 80　JZF 型正反转自动控制器应用电路

在很多实际生产生活中需要有这样的要求：生产设备能完成正转→停止→反转→停止→正转的循环。现实生活中的洗衣机，建筑工地上使用的搅拌机，食堂用的和面机等，有时为了方便可自制控制电路，这就需要采用多只时间继电器来进行控制，但电器元器件多、费用很高、电工维修也较困难。

实际上国内早已有很多类似的成型产品，可直接选用，非常方便。如 JZF-01、JZF-07 型正反转自动控制器，其接线方式如图 2-34 和图 2-35 所示。

该控制器实际上就是一个正反转自动控制器，JZF-07 型产品的时间可任意调整，能满足一般生产设备的控制需要，并且接线非常简单、方便，该产品经使用发现其动作可靠、安全，可以说是一种非常理想的控制产品。选型时应特别注意：JZF-01 型正反转自动控制器延时时间为固定式，即正转 25s→停止 5s→反转 25s 循环，不可改变时间。

JZF-06 型正反转自动控制器延时时间为可调式，最小 1s，最大 15s，用户在使用时可根据生产要求而自行设定。

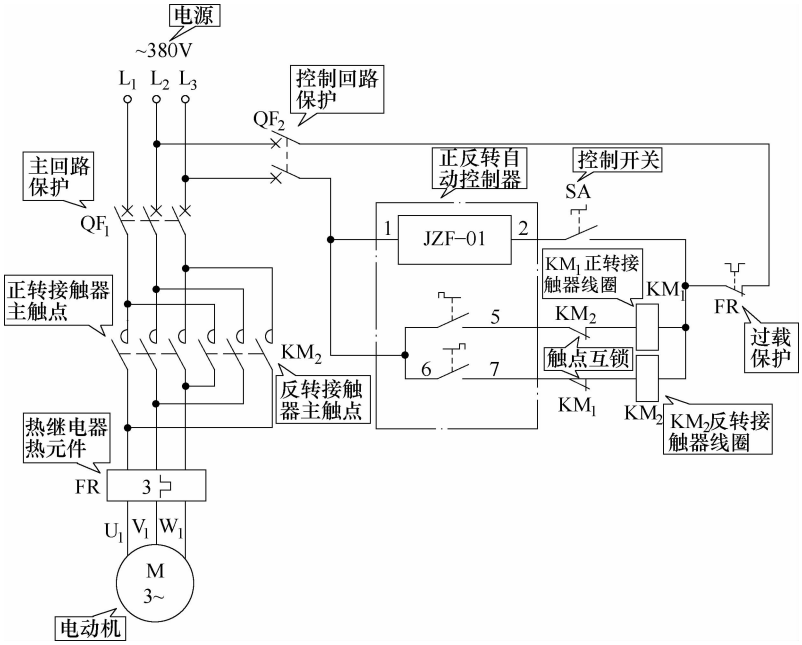


图 2-34　JZF-01 正反转自动控制器应用电路

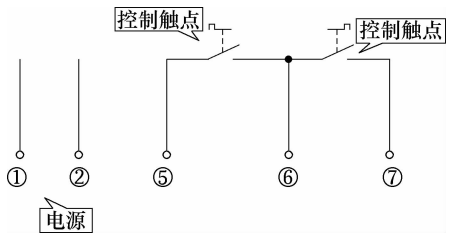


图 2-35　JZF-01 正反转自动控制器端子接线

★电路 81　用电弧联锁继电器延长转换时间的正反转控制电路

为了完全防止正反转交流接触器在转换过程中的电弧短路，通常采用延长两只交流接触器中间停留转换时间的方式来解决，本电路不是采用时间继电器而是采用中间继电器的触点来转换，效果也很理想。

图 2-36 所示为用电弧联锁继电器延长转换时间的正反转控制电路。

正转工作时，按下正转起动按钮 SB_2，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，其三相主触点闭合，电动机得电正转运行，KM_1 并联在中间继电器 K 线圈起动自锁回路中的常开触点闭合。此时，中间继电器 K 线圈也同时得电吸合且自锁，使 K 两组分别串联在正转起动按钮 SB_2 和反转起动按钮 SB_3 回路中的

常闭触点断开，作为电弧联锁继电器保护。若此时想操作反转电路，由于 K 串联在 SB_3 起动回路中的常闭触点早已断开，是无法进行反转操作的，因此必须先按下停止按钮 SB_1 断开正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，使 KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机正转运行停止下来后，方能操作反转回路。实际上就是用 SB_1 停止按钮将电弧联锁中间继电器线圈 K 也解除自锁才能进行操作。当主触点电弧完全熄灭后，电弧联锁继电器 K 线圈才断电释放，这时 K 常闭触点才恢复常闭状态，反转交流接触器 KM_2 线圈才得电吸合，其三相主触点闭合，电动机得电反转运行。

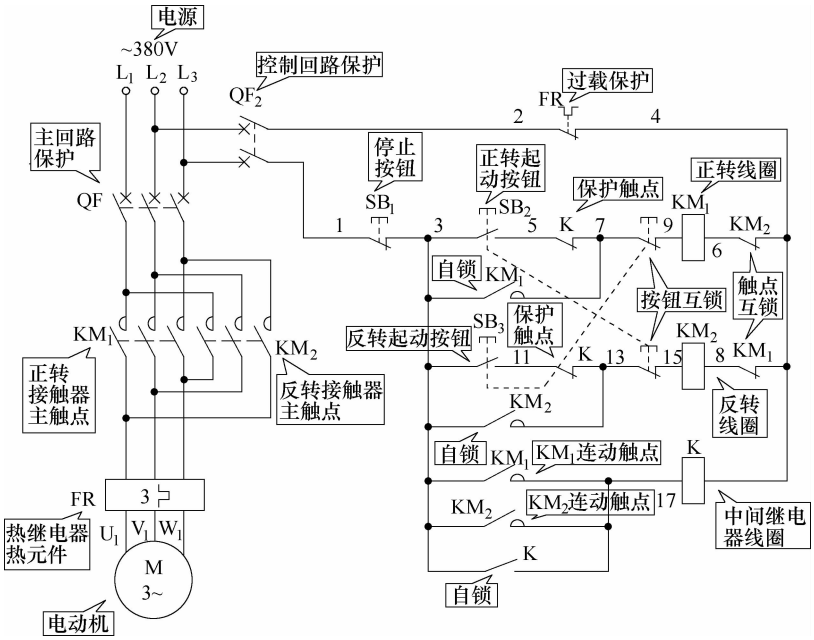


图 2-36　用电弧联锁继电器延长转换时间的正反转控制电路

注意：电弧联锁中间继电器 K 的线圈额定工作电压应与控制回路电压相同。

三、顺序控制电路

★电路 82　两台电动机任一台先开后停、而另一台则后开先停顺序控制电路

本节介绍一例两台电动机任意一台先开后停，而另一台则后开先停顺序控制电路（见图 3-1）。也就是说，倘若先起动电动机 M_1，再起动电动机 M_2，而停止时则必须先停止电动机 M_2 后，方可再停止电动机 M_1；倘若先起动电动机 M_2，再起动电动机 M_1，而停止时则必须先停止电动机 M_1 后，方可再停止电动机 M_2。否则在停止时无法进行操作。

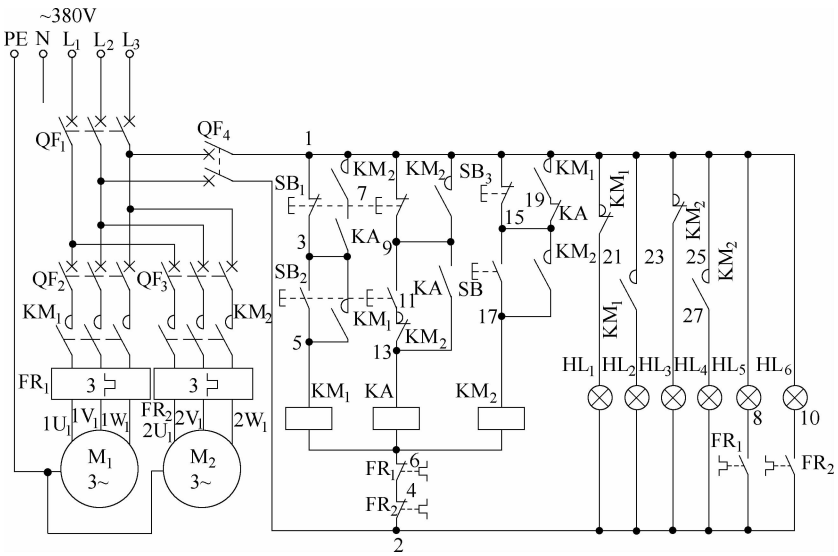


图 3-1　两台电动机任一台先开后停、而另一台则后开先停顺序控制电路

倘若起动时先起动电动机 M_1，则先按下电动机 M_1 起动按钮 SB_2，它的两对常开触点（3-5、9-11）均闭合，交流接触器 KM_1、中间继电器 KA 线圈均同时得电吸合且分别自锁，也就是 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁 KM_1 线圈，KA 常开触点（9-13）闭合自锁 KA 线圈。KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电起动运转。同时 KM_1 辅助常开触点（1-19）闭合，KA 常开触点（15-19）断开，为再起动电动机 M_2 后需先停止电动机 M_2 做准备，KA 常开触点（3-7）闭合，为 KM_2 闭合后共同短接锁住 SB_1，使 SB_1 不能工作做准备。同时指示灯 HL_1

灭、HL_2 亮，说明电动机 M_1 先起动运转了。当电动机 M_1 起动运转后，再按下电动机 M_2 起动按钮 SB_4，其触点（15-17）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 并联在 SB_4 两端的辅助常开触点（15-17）闭合，KM_2 线圈自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 起动运转。同时 KM_2 分别并联在电动机 M_1 停止按钮 SB_1 上的辅助常开触点（1-3、1-9）均闭合，短接锁住了 SB_1，从而使停止按钮 SB_1 无法操作。同时指示灯 HL_3 灭、HL_4 亮，说明电动机 M_2 后起动运转了。从而完成起动时先起动电动机 M_1，后起动电动机 M_2。

由于电动机 M_1 停止按钮 SB_1 被 KM_2 辅助常开触点锁住，所以在停止时必须先停止电动机 M_2，也就是先按下电动机 M_2 停止按钮 SB_3，使交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 先停止运转；当 KM_2 线圈断电释放后，KM_2 并联在电动机 M_1 起动按钮 SB_1 上的辅助常开触点（1-3、1-9）均断开，解除了对 SB_1 停止按钮的短接，这样，在电动机 M_2 停止运转后，再按下电动机 M_1 的停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 停止运转；同时指示灯 HL_2、HL_4 灭，HL_1、HL_3 亮，说明电动机 M_1、M_2 均停止运转。

倘若先起动 M_2，再起动 M_1，那么因 KM_2 线圈得电吸合后，KM_2 串联在 KA 线圈回路中的常闭触点（11-13）先断开，使 KA 线圈无法得电而不吸合，所以 KA 接在 KM_2 线圈回路中的常闭触点（15-19）闭合，使 KM_2 线圈在 KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 辅助常开触点（1-19）闭合，而将电动机 M_2 停止按钮 SB_3 短接了起来，使电动机 M_2 必须在电动机 M_1 停止后才能再停止；而 KA 接在 KM_1 线圈回路中的常开触点（3-7）因 KA 线圈不能吸合，处于常开状态，所以电动机 M_1 的停止按钮 SB_1 没有被短接起来，可以在停止时先停止 SB_1。由于 KM_1 线圈断电后，KM_1 辅助常开触点（1-19）恢复常开状态，只有解除对 SB_3 的短接，才能再按下 SB_3 停止按钮来停止电动机 M_2，从而完成起动时先起动 M_2 后再起动 M_1。而在停止时，则先停止 M_1 后才能再停止 M_2。

★电路 83　效果理想的顺序自动控制电路

很多设备要求在起动时先起动辅机，再起动主机，因而在停机时则相反，先停止主机，再停止辅机。

本电路为效果理想的顺序自动控制电路，如图 3-2 所示。

起动时，按下起动按钮 SB_2，得电延时时间继电器 KT_1 和失电延时时间继电器 KT_2 线圈同时得电吸合且 KT_1 自锁。此时，KT_2 失电延时断开的常开触点闭合，接通了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合动作，KM_1 三相主触点闭合，辅机电动机 M_1 得电运转工作，经得电延时时间继电器 KT_1 一段延时后，KT_1 延时闭合的常开触点闭合，将交流接触器 KM_2 线圈回

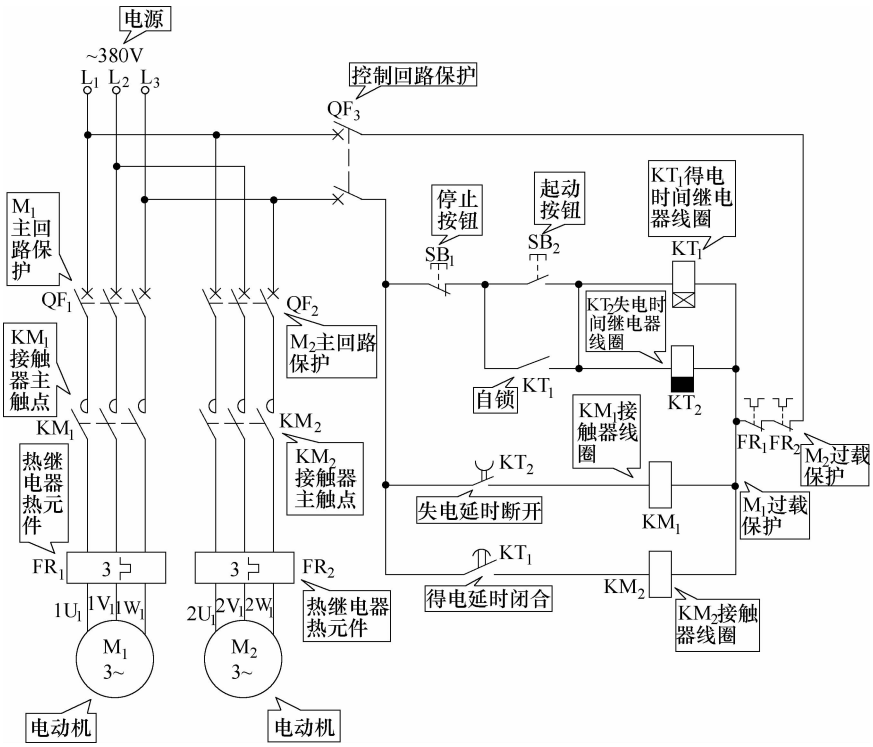


图 3-2　效果理想的顺序自动控制电路

路电源接通，KM_2 三相主触点闭合，主机电动机 M_2 得电运转工作。从而完成起动时先起动辅机 M_1，再延时自动起动主机 M_2。

停止时按下停止按钮 SB_1，得电延时时间继电器 KT_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈均同时断电释放，KT_1 得电延时闭合的常开触点瞬时断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，其三相主触点断开，主机电动机 M_2 失电停止运转，经失电延时时间继电器 KT_2 一段延时后，KT_2 失电延时断开的常开触点恢复常开，辅机电动机 M_1 失电停止运转。从而实现在停止时先停止主机后再延时自动停止辅机。

本电路设计巧妙、实用，非常适合具有上述要求的控制场合。

★电路 84　一种控制主机、辅机起停的控制电路

许多生产设备有主机和辅机，但主机、辅机不采用同时起动停止，而是采用主机、辅机分别起动停止控制。当主机、辅机起动运转之后要停机时，操作者只停止主机却忘记停止辅机，造成大量电能的浪费。

这里介绍的电路是在开机时先起动辅机后起动主机，而在停机时只需停止主

机，经过一段延时时间后自动切断辅机（其延时时间可根据实际情况而定）。如果在停止主机后而没有超出切断辅机的设备延时时间，欲重新起动主机，仍可按动主机起动按钮使其运转工作。

如图 3-3 所示，合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，指示灯 HL_1、HL_3 亮，说明电源正常。

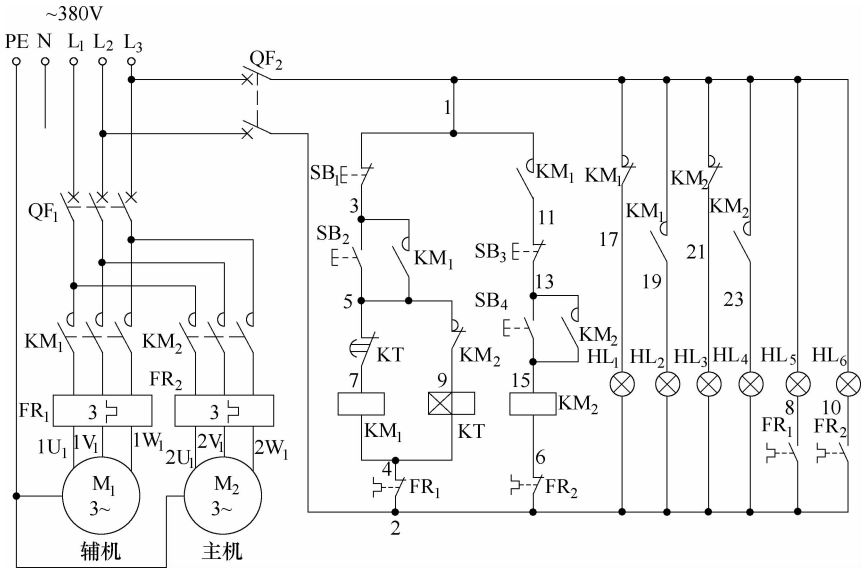


图 3-3　一种控制主机、辅机起停的控制电路

1. 起动

先按下辅机（电动机 M_1）起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1、时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合，KM 三相主触点闭合，辅机电动机 M_1 得电起动运转，同时 KM_1 辅助常开触点（1-11）闭合，为起动主机电动机 M_2 控制电路做准备，KM_1 辅助常闭触点（1-17）断开，KM_1 辅助常开触点（1-19）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明辅机电动机 M_1 先起动；同时 KT 线圈开始延时。需注意的是，若 KM_1 线圈工作后，在 KT 的延时时间后未起动 KM_2，KT 将会自动切断 KM_1 线圈使其停止工作。再按下主机起动按钮 SB_4（13-15），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（13-15）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，主机电动机 M_2 得电起动运转，同时 KM_2 辅助常闭触点（5-9）断开，切断了时间继电器 KT 线圈回路电源，使 KT 延时停止；KM_2 辅助常闭触点（1-21）断开，KM_2 辅助常开触点（1-23）闭合，指示灯 HL_3 灭、HL_4 亮，说明主机电动机 M_2 已得电运转。至此，完成先起动辅机后再起动主机。

2. 停止

因辅机操作按钮 SB_1、SB_2 往往不是安装在主机操作台上，而是安装在辅机

现场，两者存有一定距离，为此，操作者往往只就近操作主机停止按钮 SB_3，为此，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，主机电动机 M_2 断电停止运转；KM_2 的常闭触点（5-9）闭合，接通了时间继电器 KT 线圈电源，KT 线圈又重新得电吸合并延时，经 KT 延时后，KT 延时断开的常闭触点（5-7）断开，切断了 KM_1 线圈电源，KM_1 三相主触点断开，辅机电动机 M_1 断电停止运转，同时指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明辅机电动机 M_1 已自动停止运转。至此，完成主机停止后自动停止辅机。

电路中，辅机可自动进行停止操作，但工艺要求停止时必须先停止主机后方可停止辅机，这是造成主机停止后，辅机操作开关距离主机操作台较远而不能手动关机的主要原因，所以采用上述延时电路，其延时时间一般整定为 180s。

图 3-3 中，HL_5、HL_6 为电动机 M_1、M_2 过载指示灯，当过载时，则相应的指示灯点亮。

★电路 85　两台电动机开机按次序从前向后自动完成、而停机不按次序操作电路

这里介绍一种两台电动机在开机时按次序从前向后延时起动，而在停机时不按次序任意操作进行，如图 3-4 所示。

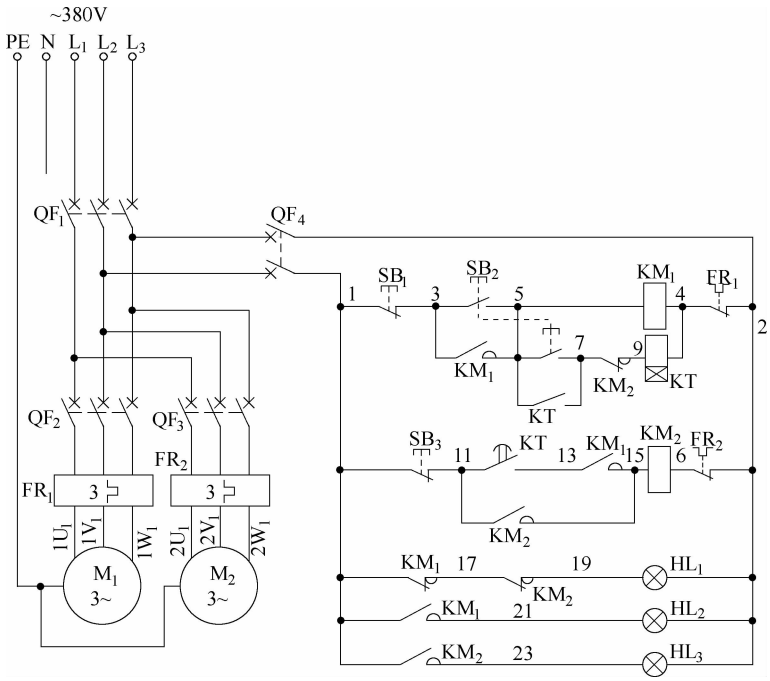


图 3-4　两台电动机开机按次序从前向后自动完成、而停机不按次序操作电路

按次序开机延时起动：开机时按下电动机 M_1 起动按钮 SB_2 的一组常开触点（3-5），交流接触器 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 先得电运转，同时 KM_1 辅助常开触点（13-15）闭合，为电动机 M_2 控制回路工作做准备，KM_1 辅助常闭触点（1-17）断开、KM_1 辅助常开触点（1-21）闭合，电源兼停止指示灯 HL_1 灭，电动机 M_1 运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 已起动完成；在按下起动按钮 SB_2 的同时，SB_2 的另外一组常开触点（5-7）闭合，使时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 瞬动常开触点（5-7）闭合自锁，并开始延时。经时间继电器 KT 一段延时后，KT 延时闭合的常开触点（11-13）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（11-15）闭合自锁；KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转；KM_2 辅助常闭触点（7-9）断开，切断时间继电器线圈回路电源，KT 断电释放，KT 自锁触点（5-7）断开，KT 延时闭合常开触点（11-13）恢复常开，为随时停止 KM_2 做准备；KM_2 辅助常闭触点（17-19）断开，KM_2 辅助常开触点（1-23）闭合，电动机 M_2 运转指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 已起动完成。

停止时，可不按次序任意停机。当按下 SB_1 时，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 停止运转，KM_1 辅助常开触点（1-21）断开，电动机 M_1 运转指示灯 HL_2 灭，说明电动机 M_1 已停止运转。当按下 SB_3 时，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 停止运转，KM_2 辅助常开触点（1-23）断开，电动机 M_2 运转指示灯 HL_3 灭，说明电动机 M_2 已停止运转。注意，停止兼电源指示灯 HL_1 只有在两台电动机全部停止后它才会被点亮。

★电路 86　防止同时按下两只起动按钮的顺序起动、同时停止电路

通常的顺序起动、同时停止控制电路存在一个问题，那就是当同时按下两只起动按钮 SB_2、SB_3 时，往往出现两台电动机同时起动现象。

为解决此问题，本电路对通常的顺序起动、同时停止控制电路做一改进，如图 3-5 所示。

从电路中可以看出，在主回路中必须先闭合 KM_1 后，KM_2 才会得电，这就是说，主回路在顺序上已经确定出先电动机 M_1，后电动机 M_2。再从控制回路看，电动机 M_1 起动按钮 SB_2 的一组常闭触点（3-7）串联在电动机 M_2 起动按钮 SB_3（7-9），交流接触器 KM_2 吸合并自锁（7-9），虽然 KM_2 三相主触点闭合，由于 KM_1 主触点未闭合，电动机 M_2 也不会运转，若按下电动机 M_1 起动按钮 SB_2，那么 SB_2 的另一组常闭触点（3-7）首先断开 KM_2 线圈回路电源，使 KM_2 断电释放，起到 KM_2 复位作用；在 KM_1 动作后，松开 SB_2 才能进行 SB_3 操作。总之，起动时无论怎样操作，最终都是先电动机 M_1 起动后方可再起动电动机

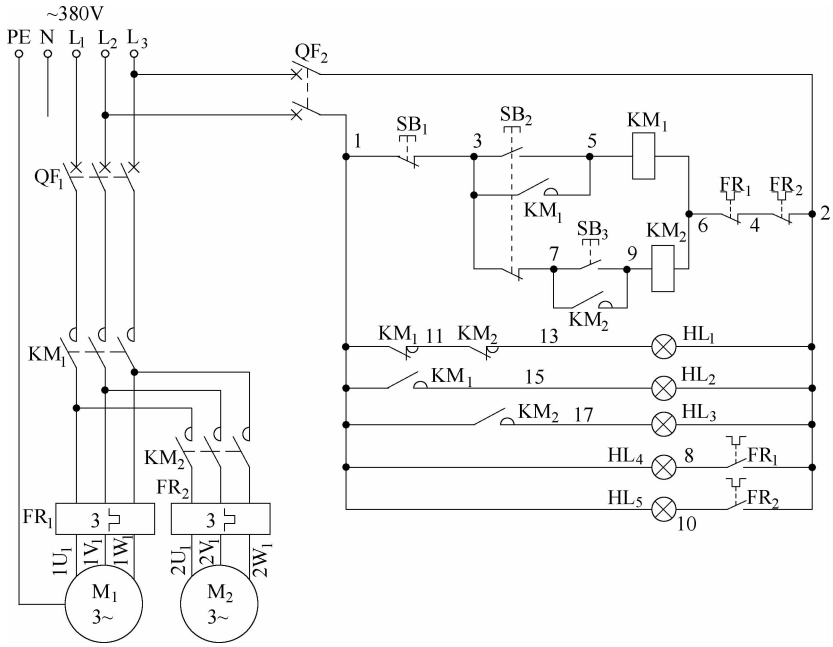


图 3-5　防止同时按下两只起动按钮的顺序起动、同时停止电路

M_2。即使同时按下 SB_2、SB_3，那么 SB_2 常闭触点也切断了 KM_2 线圈回路，结果为先 M_1 起动，再 M_2 起动。

而停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、KM_2 线圈同时断电释放，KM_1、KM_2 三相主触点均断开，电动机 M_1、M_2 同时断电停止运转。

★电路 87　手动Y-△减压起动控制电路

只要正常运行过程中定子绕组为三角形的三相异步电动机均可采用Y-△减压起动方式来达到限制起动电流的目的，在起动时，将定子绕组接成Y形，待起动结束转速达到一定值后，再将定子绕组换接成△形，电动机转入全压正常运行。

Y-△减压起动方式限制起动电流的原理是，当定子绕组接成Y形时，定子每相绕组上得到的电压是额定电压的$\frac{1}{\sqrt{3}}$，使 $I_{Y线}=\frac{1}{3}I_{\triangle}$，△形起动时的线电流比三角形直接起动时的线电流降低 3 倍，从而达到减压起动的目的。

图 3-6 所示为手动Y-△减压起动控制电路。

起动时，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1、Y点交流接触器 KM_3 得电吸合且 KM_1 自锁，电动机进行Y形减压起动；当转速达到（或接近）额定转速时，按下△形运转按钮 SB_3，SB_3 常闭触点断开Y点接触器 KM_3 线圈电源，KM_3 断电

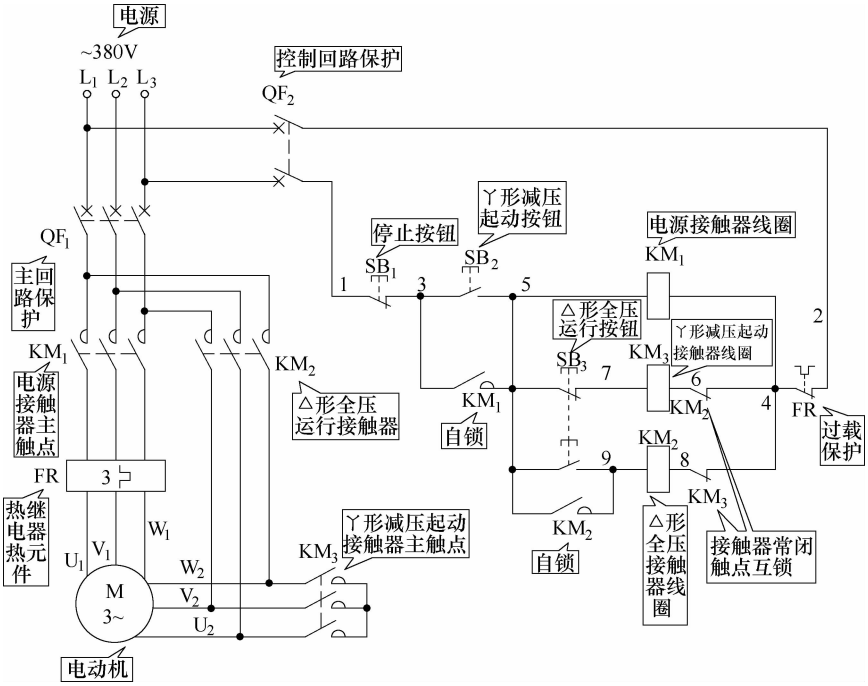


图 3-6　手动丫-△减压起动控制电路

释放，KM_3 常闭触点恢复常闭为△形接触器线圈工作做准备，由于此时 SB_3 常开触点已闭合，所以△形交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁，电动机进入△形全压正常运转。

★电路 88　两台电动机顺序起动、顺序停止控制电路

有些生产工艺要求电动机在起动时必须按次序先 M_1 起动，然后再 M_2 起动；在停止时也必须按次序先 M_1 停止，然后再 M_2 停止。图 3-7 所示电路能满足上述控制要求。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1、得电延时时间继电器 KT_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈同时吸合组 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 先得电起动运转；同时得电延时时间继电器 KT_1 开始延时，失电延时时间继电器 KT_2 断电延时断开的常开触点（9-11）瞬间闭合，为交流接触器 KM_2 线圈工作做准备，也为延时停止 KM_2 做准备。经得电延时时间继电器 KT_1 延时后，KT_1 延时闭合的常开触点（1-9）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（1-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电起动运转；同时 KM_2 辅助

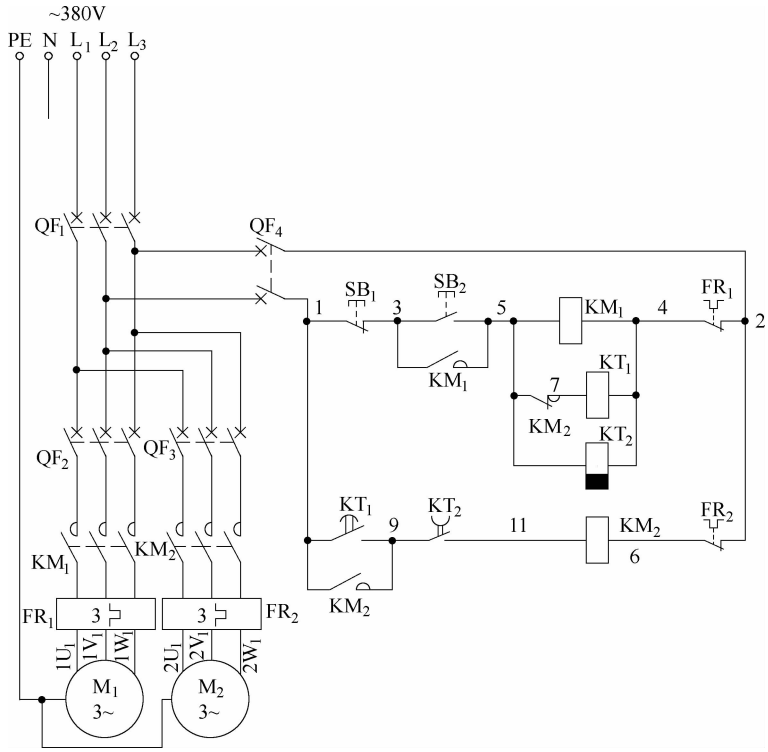


图 3-7　两台电动机顺序起动、顺序停止控制电路

常闭触点（5-7）断开，切断了得电延时时间继电器 KT_1 线圈回路电源，KT_1 线圈断电释放（以节约 KT_1 线圈消耗的电能），KT_1 延时闭合的常开触点（1-9）恢复常开。至此，起动过程按先 M_1 再 M_2 的顺序自动起动。

而停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 先停止运转；同时 KT_2 开始延时，经 KT_2 失电延时断开的常开触点（9-11）延时断开后，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 断电停止运转。从而完成停止时先停 M_1 再停 M_2 的顺序自动停止。

★电路 89　两台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止控制电路

有些生产设备要求对两台电动机进行从前向后顺序起动、从前向后顺序停止控制。

如图 3-8 所示，合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，指示灯 HL_1 亮，说明电动机 M_1 已停止运转，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 已停止运转。

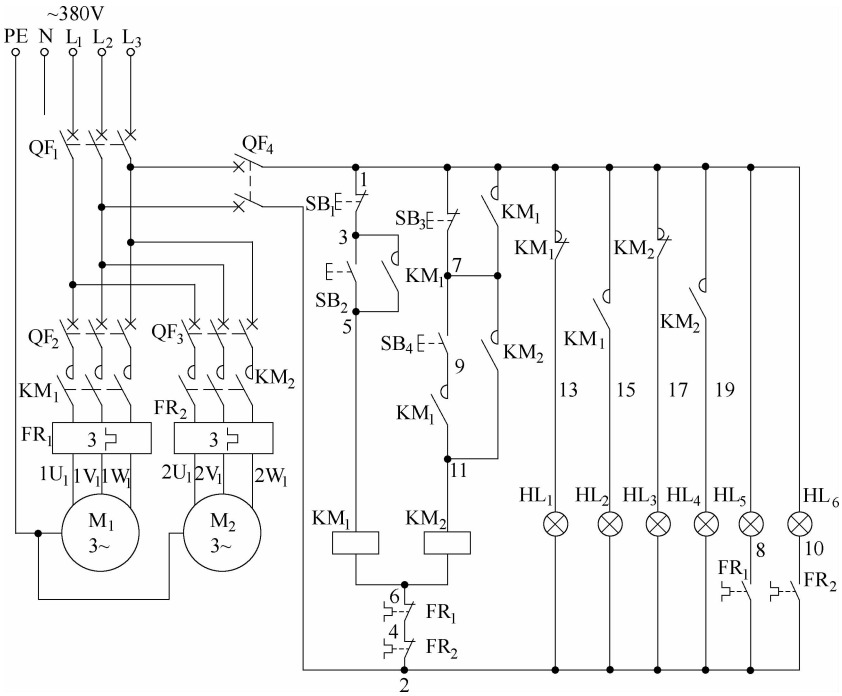


图 3-8　两台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止控制电路

1. 起动

先按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电先起动运转。同时 KM_1 辅助常闭触点（1-13）断开，切断了电动机 M_2 停止指示灯 HL_1 回路电源，HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-15）闭合，电动机 M_1 运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转；KM_1 并联在停止按钮 SB_3 上的辅助常开触点（1-7）闭合，将 SB_3 停止按钮短接了起来，以防止停止时先停止 SB_3；KM_1 辅助常开触点（9-11）闭合，为 KM_2 线圈得电提供条件。再按下起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转。同时 KM_2 辅助常闭触点（1-17）断开，切断了电动机 M_2 停止指示灯 HL_3 回路电源，HL_3 灭；KM_1 辅助常开触点（1-19）闭合，电动机 M_2 运转指示灯 HL_4 亮，说明电动机 M_2 起动运转。从而完成了起动时从前向后逐台顺序起动。

2. 停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 断电先停止运转。同时，KM_1 并联在 SB_3 停止按钮上的常开

触点（1-7）断开，为停止电动机 M_2 控制交流接触器 KM_2 线圈提供准备条件；KM_1 辅助常开触点（1-15）断开，电动机 M_1 运转指示灯 HL_2 灭，KM_1 辅助常闭触点（1-13）闭合，电动机 M_1 停止指示灯 HL_1 亮，说明电动机 M_1 已停止运转。当电动机 M_1 停止运转后方可停止电动机 M_2，再按下停止按钮 SB_3（1-7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 停止运转。同时 KM_2 辅助常开触点（1-19）断开，电动机 M_2 运转指示灯 HL_4 灭，KM_2 辅助常闭触点（1-17）闭合，电动机 M_2 停止指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 已停止运转了。从而完成了停止时从前向后逐台顺序停止。

电路中，HL_5 为电动机 M_1 过载指示灯，此灯亮说明电动机 M_1 过载了；HL_6 为电动机 M_2 过载指示灯，此灯亮说明电动机 M_2 过载了。

★电路 90　六台电动机手动逐台顺序起动控制电路

如图 3-9 所示，起动时按下第一台电动机起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 起动运转；在 KM_1 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_1 点亮，说明第一台电动机 M_1 起动运转了。与此同时，交流接触器 KM_1 串联在第二台电动机起动回路中的辅助常开触点（3-7）闭合，为第二台电动机起动运转做准备。

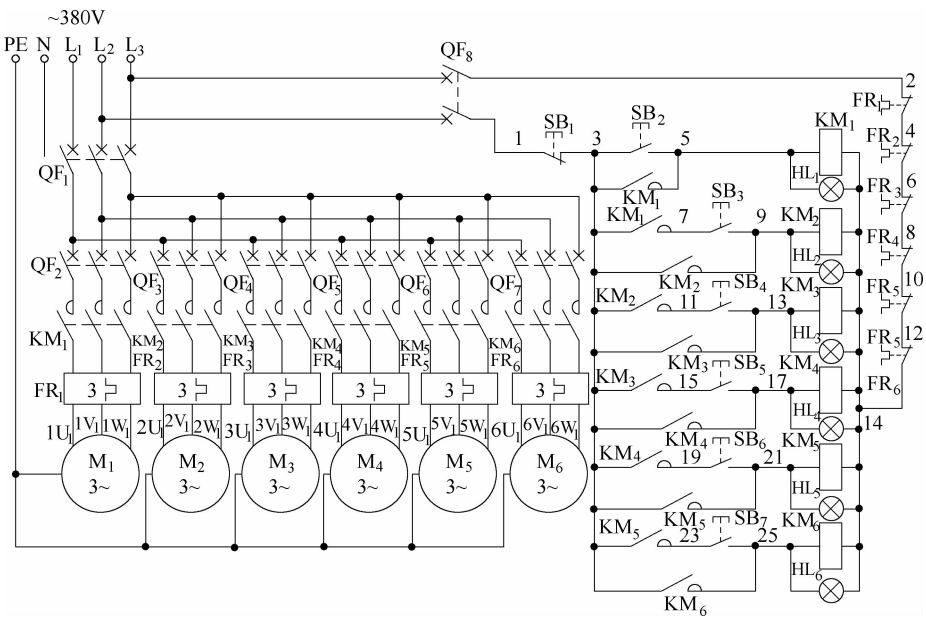


图 3-9　六台电动机手动逐台顺序起动控制电路

再按下第二台电动机起动按钮 SB_3（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 起动运转；在 KM_2 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_2 点亮，说明第二台电动机 M_2 也起动运转了。与此同时，交流接触器 KM_2 串联在第三台电动机起动回路中的辅助常开触点（3-11）闭合，为第三台电动机起动运转做准备。

再按下第三台电动机起动按钮 SB_4（11-13），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（3-13）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，第三台电动机 M_3 起动运转；在 KM_3 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_3 点亮，说明第三台电动机 M_3 也起动运转了。与此同时，交流接触器 KM_3 串联在第四台电动机起动回路中的辅助常开触点（3-15）闭合，为第四台电动机起动运转做准备。

再按下第四台电动机起动按钮 SB_5（15-17），交流接触器 KM_4 线圈得电吸合且 KM_4 辅助常开触点（3-17）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，第四台电动机 M_4 起动运转；在 KM_4 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_4 点亮，说明第四台电动机 M_4 也起动运转了。与此同时，交流接触器 KM_4 串联在第五台电动机起动回路中的辅助常开触点（3-19）闭合，为第五台电动机起动运转做准备。

再按下第五台电动机起动按钮 SB_6（19-21），交流接触器 KM_5 线圈得电吸合且 KM_5 辅助常开触点（3-21）闭合自锁，KM_5 三相主触点闭合，第五台电动机 M_5 起动运转；在 KM_5 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_5 点亮，说明第五台电动机 M_5 也起动运转了。与此同时，交流接触器 KM_5 串联在第六台电动机起动回路中的辅助常开触点（3-23）闭合，为第六台电动机起动运转做准备。

最后再按下第六台电动机起动按钮 SB_7（23-25），交流接触器 KM_6 线圈得电吸合且 KM_6 辅助常开触点（3-25）闭合自锁，KM_6 三相主触点闭合，第六台电动机 M_6 起动运转；在 KM_6 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_6 点亮，说明第六台电动机 M_6 也起动运转了。至此，六台电动机均分别手动顺序起动完毕，起动过程结束。

停止时，则按下停止按钮 SB_1，其常闭触点（1-3）切断了整个控制回路电源，从而使交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3、KM_4、KM_5、KM_6 线圈断电释放，其各自的三相主触点断开，电动机 M_1、M_2、M_3、M_4、M_5、M_6 均失电停止运转；同时指示灯 HL_1、HL_2、HL_3、HL_4、HL_5、HL_6 也失电熄灭。

电路中，过载保护热继电器 FR_1、FR_2、FR_3、FR_4、FR_5、FR_6 的控制常闭触点（2-4、4-6、6-8、8-10、10-12、12-14）全部串联起来，当任何一台电动机出现过载动作时，将切除整个控制回路电源，使六台电动机全部失电停止运转。

★电路 91　六台电动机逐台延时起动电路（一）

现介绍六台电动机逐台延时起动电路，如图 3-10 所示。

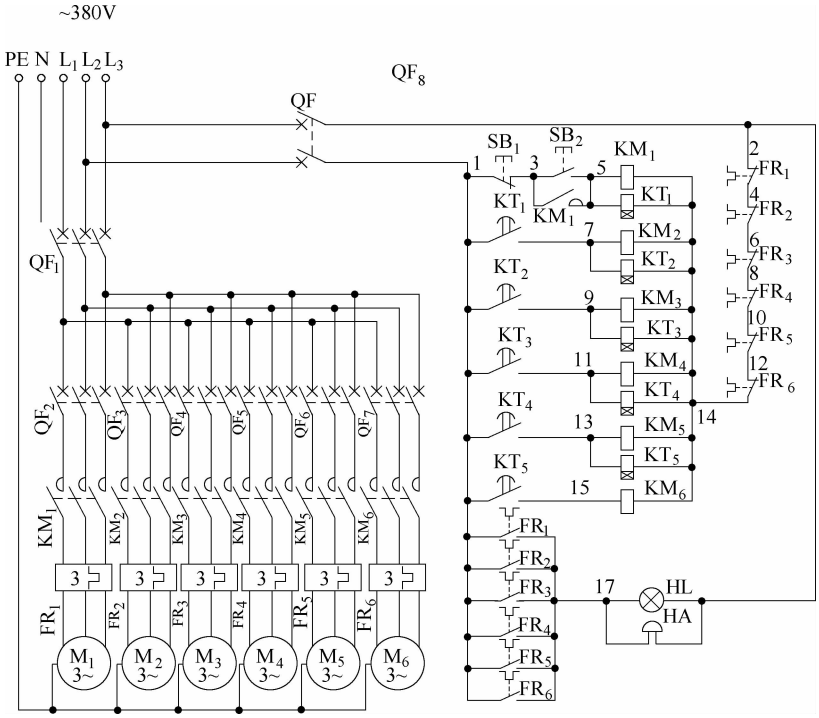


图 3-10　六台电动机逐台延时起动电路（一）

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1、得电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电运转工作，第一台电动机起动运转，同时 KT_1 开始延时。

经 KT_1 延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（1-7）闭合，交流接触器 KM_2、得电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 又得电运转工作，第二台电动机起动运转，同时 KT_2 开始延时。

经 KT_2 延时后，KT_2 得电延时闭合的常开触点（1-9）闭合，交流接触器 KM_3、得电延时时间继电器 KT_3 线圈得电吸合，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 又得电运转工作，第三台电动机起动运转，同时 KT_3 开始延时。

经 KT_3 延时后，KT_3 得电延时闭合的常开触点（1-11）闭合，交流接触器 KM_4、得电延时时间继电器 KT_4 线圈得电吸合，KM_4 三相主触点闭合，电动机 M_4 又得电运转工作，第四台电动机起动运转，同时 KT_4 开始延时。

经 KT_4 延时后，KT_4 得电延时闭合的常开触点（1-13）闭合，交流接触器

KM_5、得电延时时间继电器 KT_5 线圈得电吸合，KM_5 三相主触点闭合，电动机 M_5 也得电运转工作，第五台电动机起动运转，同时 KT_5 开始延时。

经 KT_5 延时后，KT_5 得电延时闭合的常开触点（1-15）闭合，交流接触器 KM_6 线圈得电吸合，KM_6 三相主触点闭合，电动机 M_6 也得电运转工作，第六台电动机起动运转。

至此，六台电动机从前至后逐台延时起动结束。

停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 $KM_1 \sim KM_5$、得电延时时间继电器 $KT_1 \sim KT_6$ 线圈均断电释放，$KM_1 \sim KM_6$ 各自的三相主触点断开，电动机 $M_1 \sim M_6$ 均失电停止运转。

当任何一台或多台电动机出现过载时，因其热继电器控制常闭触点 $FR_1 \sim FR_6$（2-14）为串联，其中任何一个常闭触点断开，都会断开整个控制电路电源，起到过载保护作用。同时热继电器 $FR_1 \sim FR_6$（1-17）常开触点为并联，其中任何一个常开触点闭合，都会使电铃 HA、指示灯 HL 回路接通，发出声光报警，告诉相关人员电动机出现过载了。

若想重新起动电动机或解除声光报警，只需手动按下热继电器 $FR_1 \sim FR_6$ 的复位按钮，使其复位即可。

★电路 92　六台电动机逐台延时起动电路（二）

通常的延时起动电路离不开时间继电器，由于有些使用环境要求较高，只能使用 JSJ 型晶体管时间继电器，而且其价格高于气囊式时间继电器，所以对于多台电动机逐台延时起动来说，所增加时间继电器的数量较多，很不经济。现介绍一种仅用两只经改装的 JSJ 型时间继电器即可完成六台电动机逐台延时起动的电路。

从图 3-11 可以看出，两只时间继电器 KT_1、KT_2 组成了延时循环控制电路。再利用得电延时时间继电器 KT_1 的多组延时闭合、延时断开触点经巧妙组合完成。也就是说，起动时按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电起动运转，第一台电动机起动运转。同时接通了得电延时时间继电器 KT_1 线圈回路电源，KT_1 线圈得电吸合，KT_1 开始延时，经 KT_1 延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（9-1）闭合，接通了得电延时时间继电器 KT_2 线圈回路电源，KT_2 线圈得电吸合，KT_2 开始延时。在 KT_1 延时动作的同时，KT_1 所有的得电延时闭合常开触点闭合，KT_1 所有的得电延时常闭触点断开。尽管 KT_1 所有触点动作，这里只有 KT_1（1-13）闭合接通交流接触器 KM_2 线圈回路电源且 KM_2（1-3）自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转，第二台电动机延时起动运转。经得电延时时间继电器 KT_2 延时后，KT_2 得电延时断开的常闭触点（7-9）

断开，从而切断 KT_1、KT_2 线圈回路电源，KT_1、KT_2 线圈断电释放，KT_2 得电延时断开的常闭触点（7-9）恢复常闭状态，KT_1 线圈又重新得电吸合并开始延时。在 KT_1 延时期间，KT_1 得电延时断开的常闭触点（13-15）处于闭合状态，使交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3（13-15）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 得电运转，第三台电动机延时起动运转。这样通过得电延时时间继电器 KT_1、KT_2 的不断循环通断，使 KT_1 的多组常开、常闭延时触点不断循环通断，使交流接触器 KM_4、KM_5、KM_6 线圈从前向后逐个延时得电接通，从而完成电动机 M_4、M_5、M_6 的逐台延时起动，也就是将第四台、第五台、第六台电动机延时起动运转了。在电动机 M_6 运转后，其交流接触器 KM_6 辅助常闭触点（5-7）断开，切除得电延时时间继电器 KT_1、KT_2 线圈回路电源，使其退出运行。

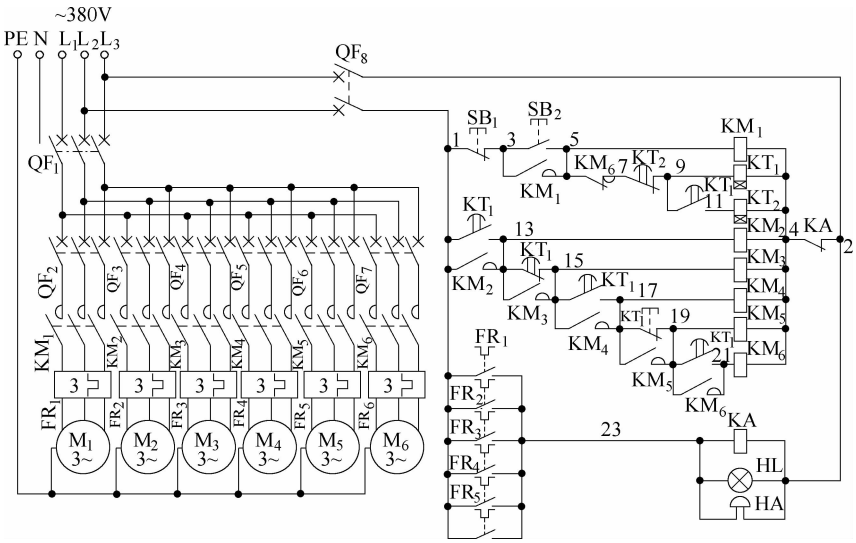


图 3-11　六台电动机逐台延时起动电路（二）

图 3-11 中，过载保护热继电器 $FR_1 \sim FR_6$ 的控制触点采用常开触点（1-23）并联，当任何一台电动机出现过载时，其热继电器控制常开触点（1-23）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 的常闭触点（2-4）断开，切断整个控制回路电源，起到过载保护作用，同时发出声光信号，以告知电动机出现过载。若想解除过载保护，人为手动将其复位即可。

★电路 93　四台电动机顺序起动、逆序停止控制电路

电路如图 3-12 所示。

1. 从前向后顺序起动

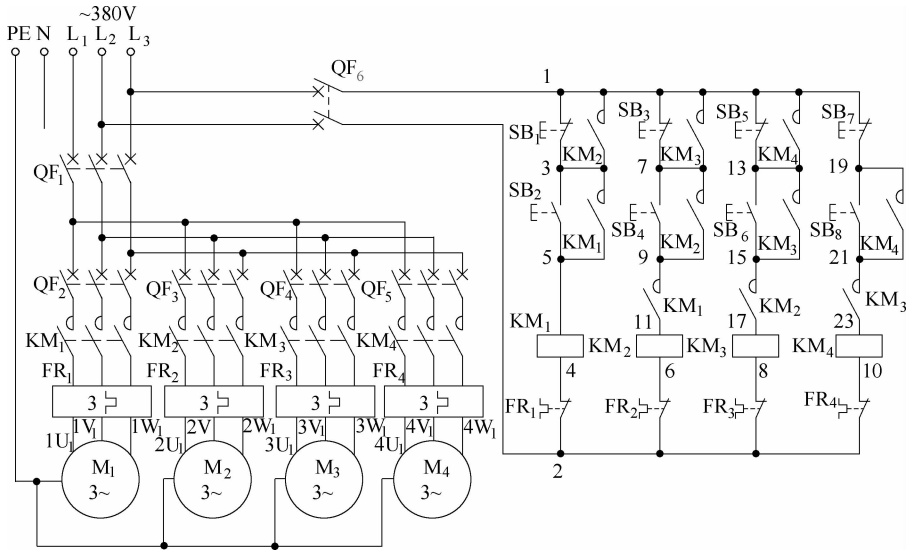


图 3-12　四台电动机顺序起动、逆序停止控制电路

先按下电动机 M_1 起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 起动运转；同时 KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常开触点（9-11）闭合，为 KM_2 线圈工作做准备。

再按下电动机 M_2 起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 顺序起动运转；同时 KM_2 串联在 KM_3 线圈回路中的辅助常开触点（15-17）闭合，为 KM_3 线圈工作做准备；KM_2 的另一组辅助常开触点（1-3）闭合，短接电动机 M_1 停止按钮 SB_1（1-3），使其不能进行电动机 M_1 的停止操作。

再按下电动机 M_3 起动按钮 SB_6（13-15），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（13-15）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 顺序起动运转；同时 KM_3 串联在 KM_4 线圈回路中的辅助常开触点（21-23）闭合，为 KM_4 线圈工作做准备；KM_3 的另一组辅助常开触点（1-7）闭合，短接电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7），使其不能进行电动机 M_2 的停止操作。

最后按下电动机 M_4 起动按钮 SB_8（19-21），交流接触器 KM_4 线圈得电吸合且 KM_4 辅助常开触点（19-21）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，电动机 M_4 顺序起动运转；同时 KM_4 辅助常开触点（1-13）闭合，短接电动机 M_3 停止按钮 SB_5（1-13），使其不能进行电动机 M_3 的停止操作。

至此，四台电动机按 M_1、M_2、M_3、M_4 的先后顺序逐台起动完毕。

2. 从后向前逆序停止

先按下电动机 M_4 停止按钮 SB_7(1-19),交流接触器 KM_4 线圈断电释放,KM_4 三相主触点断开,电动机 M_4 先停止运转;同时 KM_4 并联在电动机 M_3 停止按钮 SB_5(1-13)上的辅助常开触点(1-13)断开,为再逆序停止电动机 M_3 做准备。

再按下电动机 M_3 停止按钮 SB_5（1-13），交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 逆序退出运转；同时 KM_3 并联在电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7）上的辅助常开触点（1-7）断开，为再逆序停止电动机 M_2 做准备。

再按下电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 逆序退出运转；同时 KM_2 并联在电动机 M_1 停止按钮 SB_1（1-3）上的辅助常开触点（1-3）断开，为再逆序停止电动机 M_1 做准备。

最后按下电动机 M_1 停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 逆序退出运转。

至此，四台电动机按逆序 M_4、M_3、M_2、M_1 逐台进行停止完毕。

★电路 94　三台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路（一）

电路如图 3-13 所示。

顺序自动起动时，按下起动按钮 SB_2，得电延时时间继电器 KT_1 和中间继电器 KA 线圈得电吸合并分别自锁，KA 常闭触点断开，KA 所有常开触点闭合，同时 KT_1 开始延时，KT_1 不延时瞬动常开触点（17-21）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（1-17）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 先得电起动运转。经 KT_1 一段时间延时后，KT_1 的一组得电延时闭合的常开触点（3-11）闭合，使得电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合并开始延时。同时 KT_1 的另一组得电延时闭合的常开触点（21-23）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（21-23）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 也得电起动运转。经 KT_2 一段时间延时后，KT_2 得电延时闭合的常开触点(21-27)闭合,交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点(1-27)闭合自锁,KM_3 三相主触点闭合,电动机 M_3 最后一个得电起动运转。与此同时,KT_2 得电延时断开的常闭触点(3-5)断开,KT_1、KT_2 线圈断电释放,KT_1、KT_2 所有的触点恢复原始状态。至此,三台电动机从前向后顺序自动起动运转了。

顺序自动停止时，按下停止按钮 SB_1，首先中间继电器 KA 线圈断电释放，KA 所有触点恢复原始状态，为停止时提供条件；此时，得电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合且 KT_1 不延时瞬动常开触点（1-3）闭合自锁，KT_1 开始延时。在KA线圈断电释放后,KA常开触点(17-19)断开,交流接触器KM_1线圈断

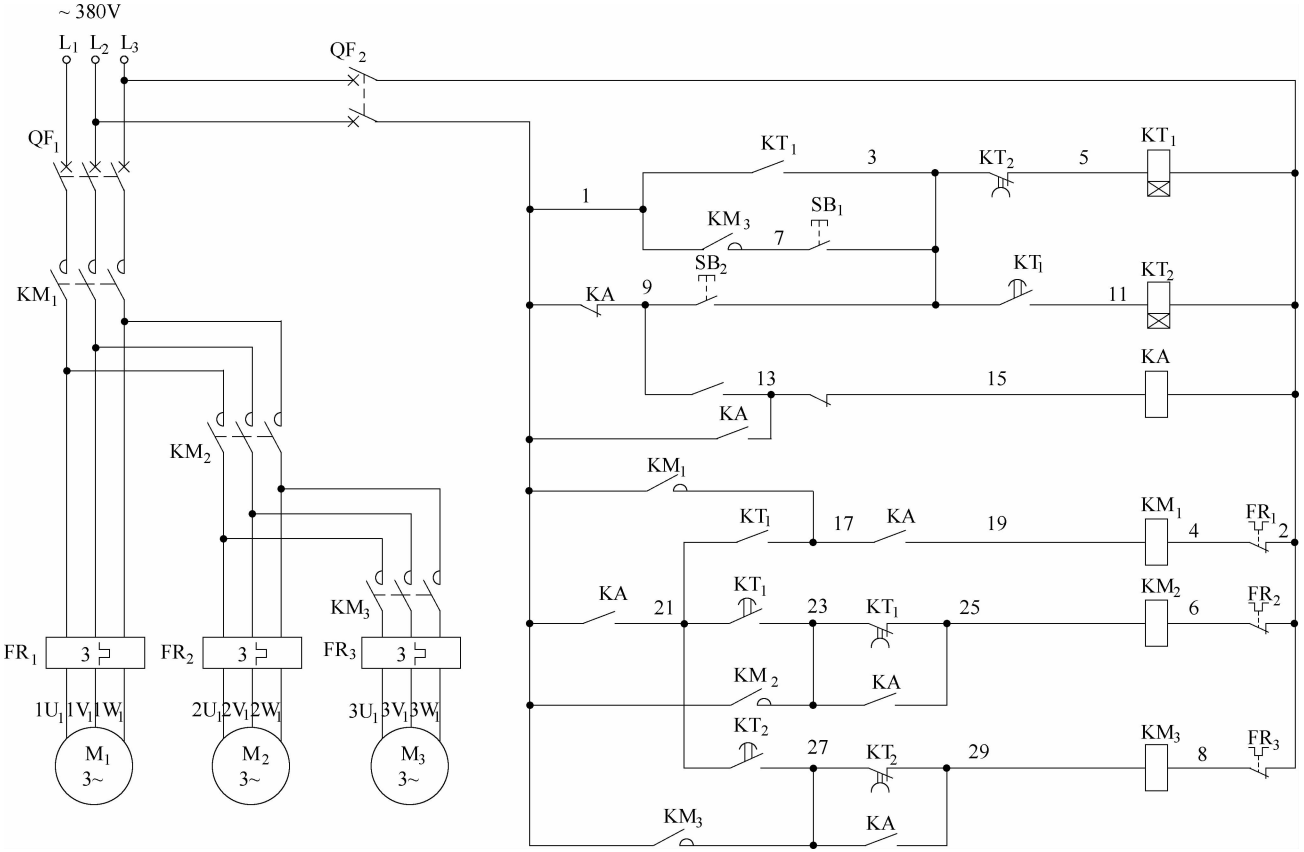


图 3-13　三台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路（一）

电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转。经 KT_1 一段时间延时后，KT_1 得电延时断开的常闭触点（23-25）断开，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 也失电停止运转。在 KT_1 得电延时闭合的常开触点（3-11）闭合后，得电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合并开始延时，经 KT_2 一段时间延时后，KT_2 得电延时断开的常闭触点（27-29）断开，交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 最后一个失电停止运转。与此同时，KT_2 得电延时断开的常闭触点（3-5）断开，KT_1、KT_2 线圈断电释放，KT_1、KT_2 所有的触点恢复原始状态。至此，三台电动机从前向后顺序自动停止运转了。

★电路 95　三台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路（二）

电路如图 3-14 所示。

1. 顺序自动起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（3-5）闭合自锁，KA 常闭触点（1-11）断开，为顺序停止提供条件；KA 所有常开触点（1-9、15-17、17-19、21-23、23-25、27-29、29-31）均闭合，为顺序起动提供允许工作条件。此时，得电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合并开始延时，KT_1 不延时瞬动常闭触点（17-19）断开，KT_1 不延时瞬动常开触点（1-15）闭合，交流接触器 KM_1 线圈先得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（1-17）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 先得电起动运转了。

经 KT_1 延时后，KT_1 得电延时断开的常闭触点（23-25）断开，此触点被 KA 常开触点（23-25）短接起来后在顺序起动时无效。KT_1 的两组得电延时闭合的常开触点（7-13、1-21）均闭合，其中 KT_1 的一组得电延时闭合的常开触点（7-13）闭合，使得电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合并开始延时；KT_1 的另一组得电延时闭合的常开触点（1-21）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（1-23）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 也得电起动运转了。

经 KT_2 一段延时后，KT_2 得电延时断开的常闭触点（29-31）断开，此触点被 KA 常开触点（29-31）短接起来后顺序起动时无效。KT_2 得电延时闭合的常开触点（1-27）闭合，使交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（1-29）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 最后一个得电起动运转了。

至此，完成三台电动机从前向后顺序自动起动控制。

2. 顺序自动停止

按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，中间继电器 KA 线圈断电释放，KA 所有触点恢复原始状态，为顺序停止做准备。此时得电延时时间

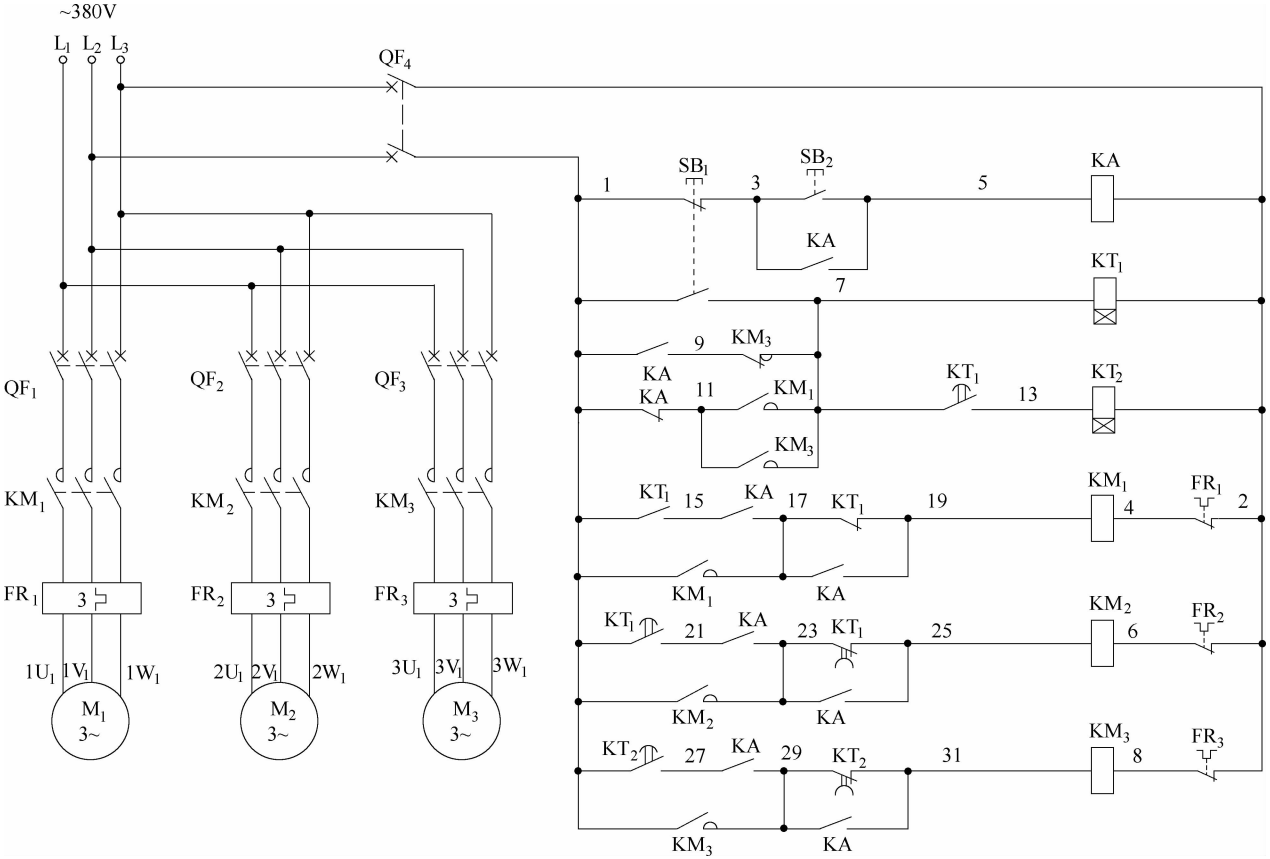


图 3-14　三台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路（二）

继电器 KT_1、KT_2 线圈均断电释放后，KT_1 线圈又重新得电吸合，KT_1 不延时瞬动常开触点（17-19）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 先失电停止运转。

经 KT_1 延时后，KT_1 得电延时断开的常闭触点（23-25）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电按顺序停止运转了。同时 KT_1 得电延时闭合的两组常开触点（7-13、1-21）均闭合，其中 KT_1 的常开触点（1-21）在顺序停止时无效；KT_1 的另一组得电延时闭合的常开触点（7-13）闭合，接通了得电延时时间继电器 KT_2 线圈回路电源，KT_2 线圈得电吸合并开始延时。

经 KT_2 延时后，KT_2 得电延时闭合的常开触点（1-27）闭合无效；KT_2 得电延时断开的常闭触点（29-31）断开，切断了交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 最后一个失电停止运转了。在 KM_3 线圈断电释放后，得电延时时间继电器 KT_1、KT_2 线圈均断电释放，其所有触点恢复原始状态。

至此，完成三台电动机从前向后顺序自动停止控制。

★电路 96　三台电动机顺序起动、逆序停止控制电路

起动时，先按下第一台电动机 M_1 起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电起动运转；同时 KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常开触点（11-13）闭合，为顺序起动 KM_2 线圈做准备（见图 3-15）。

再按下第二台电动机 M_2 起动按钮 SB_4，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电起动运转；同时 KM_2 串联在 KM_3 线圈回路中的辅助常开触点（19-21）闭合，为顺序起动 KM_3 线圈做准备；同时 KM_2 并联在第一台电动机 M_1 停止按钮 SB_1 上的辅助常开触点（1-3）闭合，将限制 SB_1（1-3）的操作，为逆序停止做准备。

最后按下第三台电动机 M_3 起动按钮 SB_6（15-17），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（15-19）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 得电起动运转；同时 KM_3 并联在第二台电动机 M_2 停止按钮 SB_3 上的辅助常开触点（1-7）闭合，将限制 SB_3（1-7）的操作，为逆序停止做准备。

至此，完成三台电动机从前向后手动逐台顺序起动控制。

停止时，因停止按钮 SB_1 被 KM_2 辅助常开触点（1-3）短接，只有 KM_2 线圈断电释放时，此常开触点断开，才能对停止按钮 SB_1 进行操作。而停止按钮 SB_3 则被KM_3 辅助常开触点（1-7）短接，只有 KM_3 线圈断电释放时，此常开触点断开，才能对停止按钮 SB_3 进行操作。从以上可以看出，只有停止按钮 SB_5

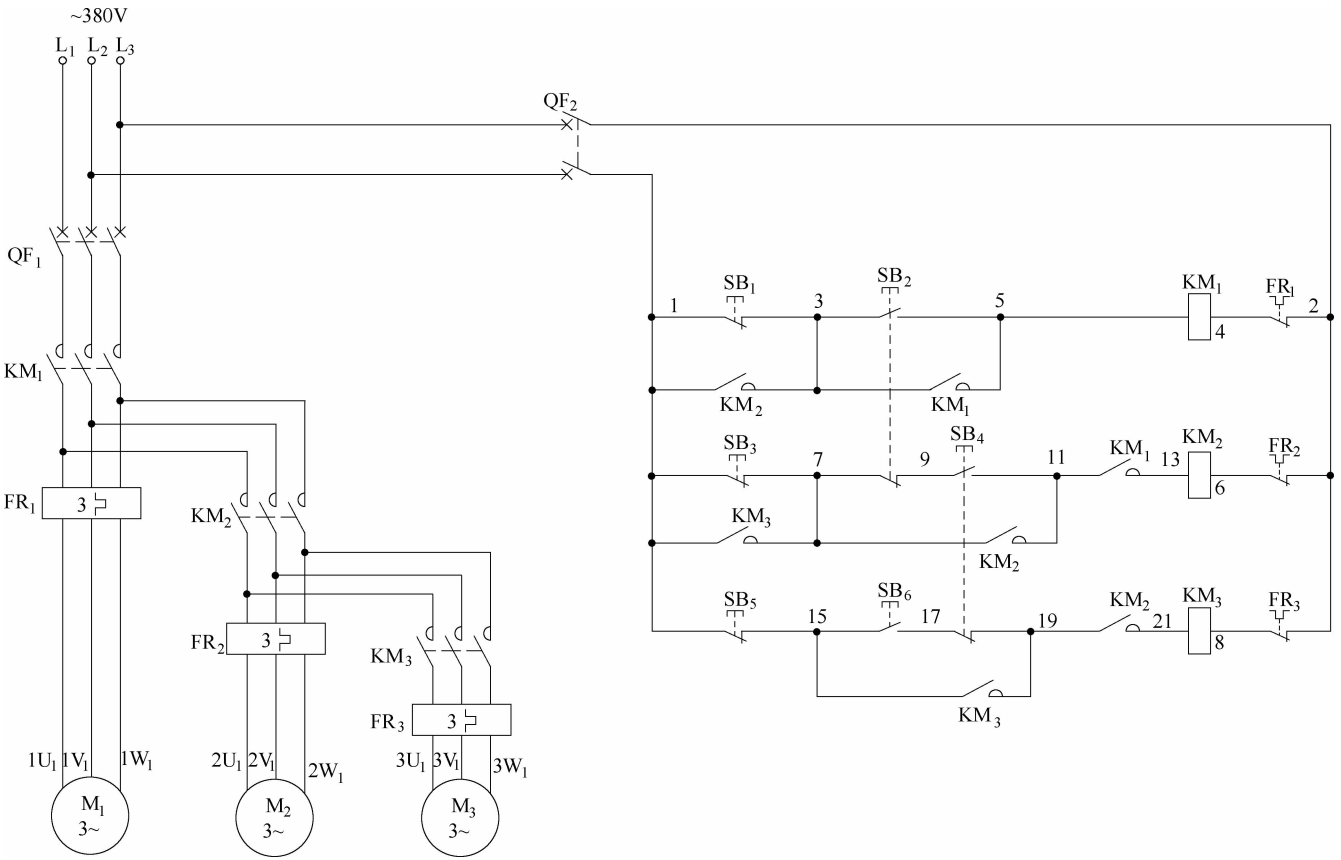


图 3-15　三台电动机顺序起动、逆序停止控制电路

（1-15）可以先操作，也就是说，停止时必须手动逆序逐台进行操作。

先按下第三台电动机 M_3 停止按钮 SB_5（1-15），交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 失电，第一个停止运转。同时 KM_3 并联在第二台电动机 M_2 停止按钮 SB_3 上的辅助常开触点（1-7）断开，允许对第二台电动机 M_2 进行停止操作。

再按下第二台电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电，第二个停止运转。同时 KM_2 并联在第一台电动机 M_1 停止按钮 SB_1 上的辅助常开触点（1-3）断开，允许对第一台电动机 M_1 进行停止操作。

最后按下第一台电动机 M_1 停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电，第三个停止运转。

至此，完成三台电动机从后向前逆序逐台手动停止控制。

★电路 97　两台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路

有些生产工艺要求电动机在起动时必须按次序先 M_1 起动，然后再 M_2 起动；在停止时也必须按次序先 M_1 停止，然后再 M_2 停止，图 3-16 所示电路能满足上述控制要求。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1、得电延时时间继电器 KT_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈同时吸合且 KM_1 辅助常开触头（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触头闭合，电动机 M_1 先得电起动运转；同时得电延时时间继电器 KT_1 开始延时，失电延时时间继电器 KT_2 失电延时断开的常开触头（9-11）瞬间闭合，为交流接触器 KM_2 线圈工作做准备，也为延时停止 KM_2 做准备。经得电延时时间继电器 KT_1 延时后，KT_1 延时闭合的常开触头（1-9）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触头（1-9）闭合自锁，KM_2 三相主触头闭合，电动机 M_2 得电起动运转；同时 KM_2 辅助常闭触头（5-7）断开，切断了得电延时时间继电器 KT_1 线圈回路电源，KT_1 线圈断电释放，KT_1 延时闭合的常开触头（1-9）恢复常开。至此起动过程按先 M_1 再 M_2 的顺序自动起动。

而停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈断电释放，KM_1 三相主触头断开，电动机 M_1 先失电停止运转；经 KT_2 人电延时断开的常开触头（9-11）延时断开后，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_3 三相主触头断开，电动机 M_2 失电停止运转。至此完成了停止时先停 M_1 再停 M_2 的顺序自动停止操作。

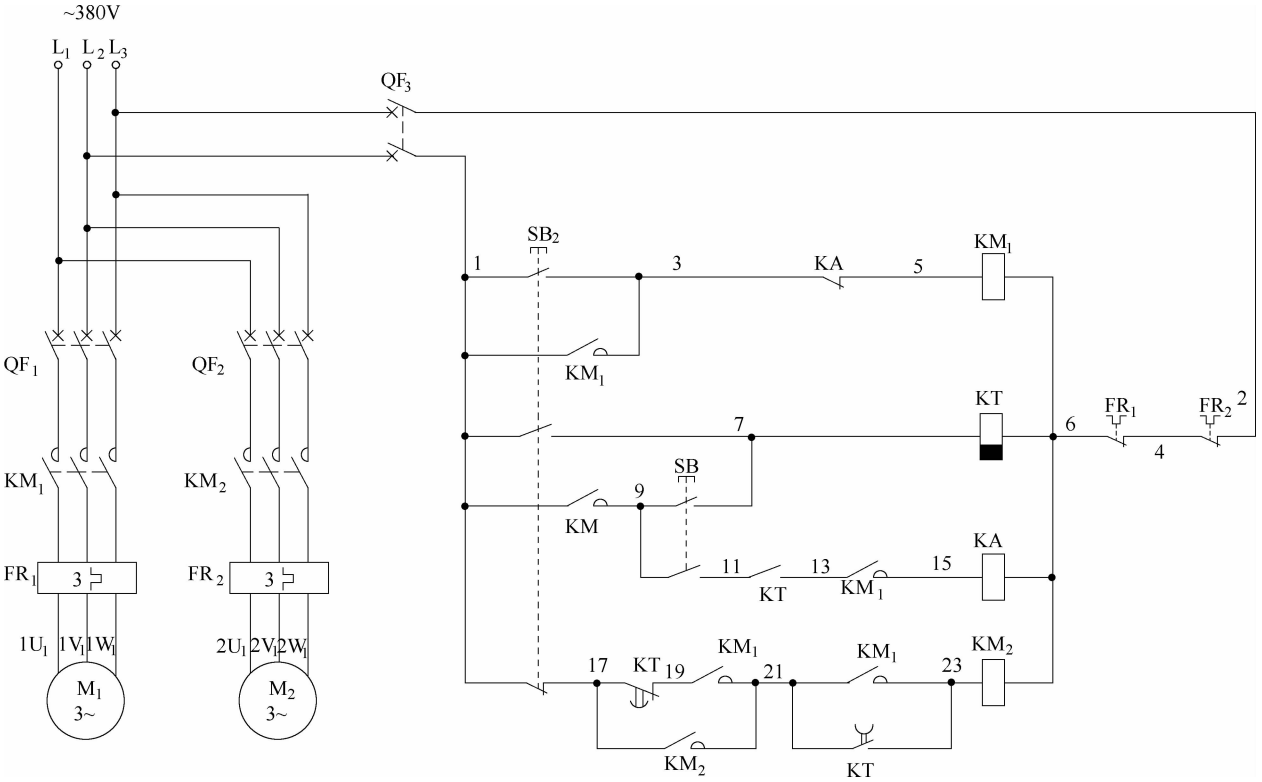


图 3-16　两台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路

★电路 98　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（一）

电路如图 3-17 所示。

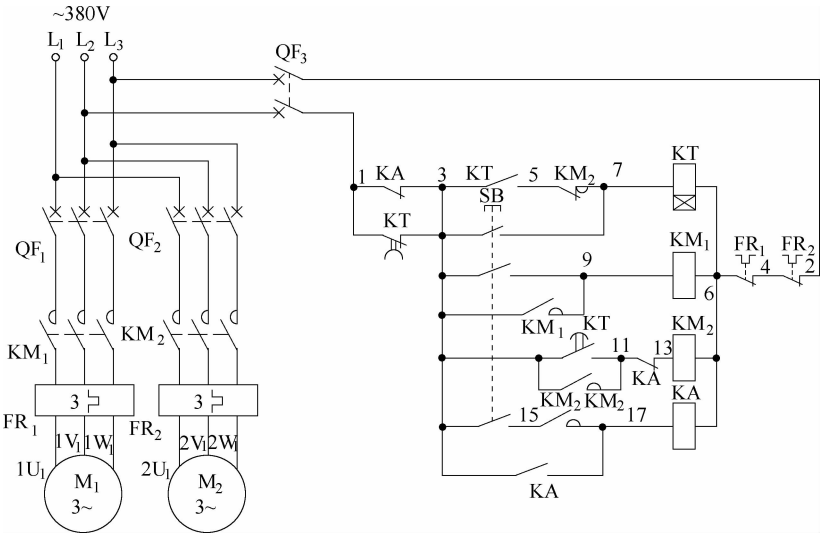


图 3-17　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（一）

1. 顺序自动起动

按下按钮 SB，SB 的一组常开触点（3-7）闭合，接通了得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（3-5）闭合自锁，并开始延时。SB 的另一组常开触点（3-9）闭合，接通了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 先得电起动运转了。SB 的另外一组常开触点（3-15）闭合，此触点在起动时闭合无效。经 KT 一段时间延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（3-11）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 后得电起动运转了。KM_2 辅助常开触点（15-17）闭合，为逆序停止操作提供条件。KM_2 辅助常开触点（5-7）断开，切断了得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈断电释放，KT 所有触点（3-11、1-3）恢复原始状态。因中间继电器 KA 线圈未得电工作，所以 KA 并联在得电延时断开的常闭触点（1-3）上的常闭触点（1-3）闭合，这样，KT 得电延时断开的常闭触点（1-3）此时虽然动作了，但无效。至此，完成两台电动机顺序起动控制。

2. 逆序自动停止

再次按下按钮 SB，SB 的一组常开触点（3-15）闭合，接通了中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（3-17）闭合自锁，KA 串

联在 KM_2 线圈回路中的常闭触点（11-13）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，第二台电动机 M_2 先失电停止运转了，在 KA 线圈得电吸合后，KA 常闭触点（1-3）断开，为最后切除整个控制电路提供条件。SB 的另外一组常开触点（3-7）闭合，接通了得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（3-5）闭合自锁，KT 开始延时。SB 的另外一组常开触点（3-9）闭合无效。经 KT 一段时间延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（1-3）断开，切断了得电延时时间继电器 KT、中间继电器 KA 和交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KT、KA 和 KM_1 线圈均断电释放，KT、KA 各自的触点恢复原始状态，KM_1 三相主触点断开，第一台电动机 M_1 后失电停止运转了。至此，完成两台电动机逆序停止控制。

★电路 99　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（二）

电路如图 3-18 所示。

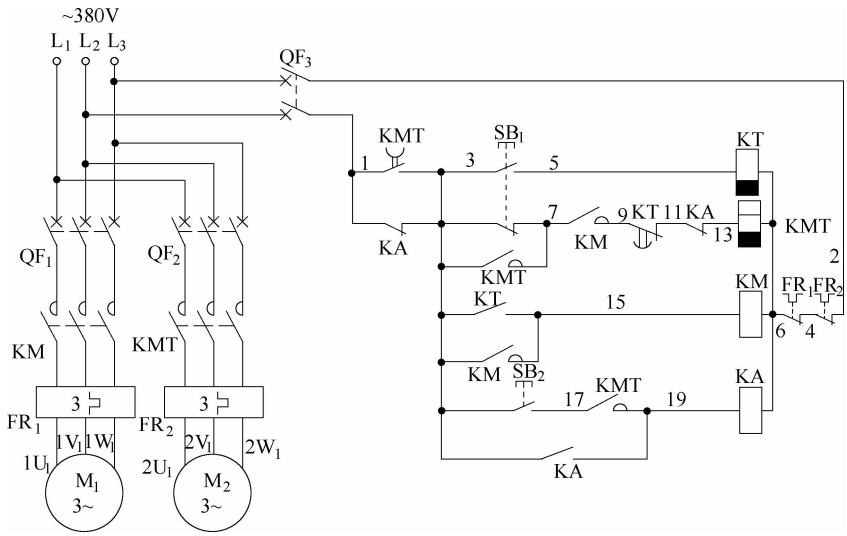


图 3-18　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（二）

1. 顺序自动起动

按下起动按钮 SB_1，SB_1 的一组常开触点（3-7）断开，将限制带失电延时头的交流接触器 KMT 线圈回路工作；SB_1 的另外一组常开触点（3-5）闭合，使失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点闭合，接通了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-15）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机 M_1 先得电起动运转。与此同时，KT 失电延时闭合的常闭触点（9-11）立即断开，为延时起动电动机 M_2 控制回路做准

备；同时 KM 的一组辅助常开触点（7-9）闭合，为接通 KMT 线圈做准备。松开被按下的起动按钮 SB_1，其触点恢复原始状态，KT 线圈断电释放，KT 开始延时，经 KT 一段延时后，KT 失电延时闭合的常闭触点(9-11)恢复常闭,接通了带失电延时头的交流接触器 KMT 线圈回路电源,KMT 线圈得电吸合且 KMT 辅助常开触点(3-7)闭合自锁,KMT 三相主触点闭合,电动机 M_2 得电起动运转。与此同时,KMT 辅助常开触点(17-19)闭合,为逆序自动停止做准备;KMT 失电延时断开的常开触点(1-3)立即闭合,为延时逆序自动停止时切除电动机 M_1 控制回路做准备。至此,完成两台电动机起动时从前向后顺序延时逐台起动。

2. 逆序自动停止

按下停止按钮 SB_2（3-17），中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 辅助常开触点（3-19）闭合自锁，KA 的一组常闭触点（1-3）断开，为 KMT 失电延时断开的常开触点（1-3）动作做准备；KA 的另一组常闭触点（11-13）断开，切断了带失电延时头的交流接触器 KMT 线圈回路电源，KMT 线圈断电释放，KMT 开始延时，KMT 三相主触点断开，电动机 M_2 失电停止运转。经 KMT 一段延时后，KMT 失电延时断开的常开触点（1-3）断开，切断了交流接触器 KM 和中间继电器 KA 线圈回路电源，KM 和 KA 线圈均断电释放，KM 三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转。至此，完成两台电动机停止时从后向前逆序延时逐台停止。

★电路 100　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（三）

电路如图 3-19 所示。

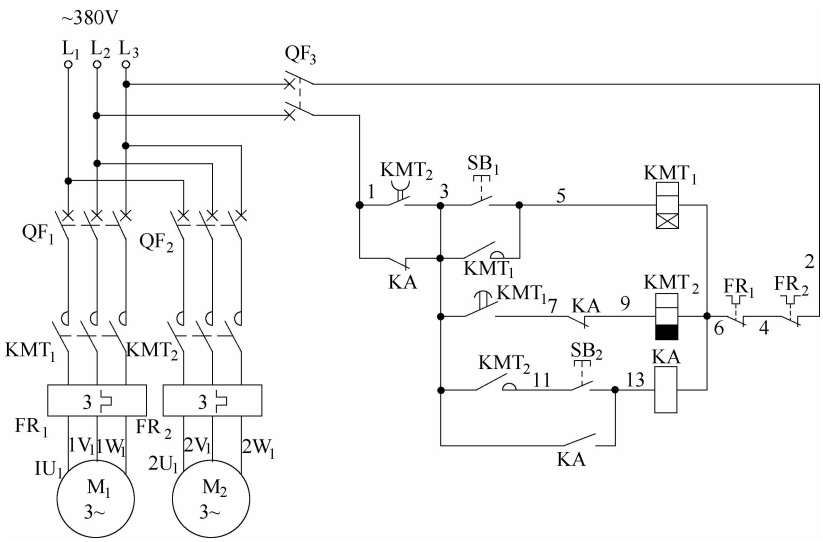


图 3-19　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（三）

1. 顺序自动起动

按下起动按钮 SB_1（3-5），带得电延时头的交流接触器 KMT_1 线圈得电吸合且 KMT_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KMT_1 开始延时。KMT_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 先得电起动运转了。经 KMT_1 一段时间延时后，KMT_1 得电延时闭合的常开触点（3-7）闭合，接通了带失电延时头的交流接触器 KMT_2 线圈回路电源，KMT_2 线圈得电吸合，KMT_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 后得电起动运转了。与此同时，KMT_2 失电延时断开的常开触点（1-3）立即闭合，为逆序停止做准备，KMT_2 辅助常开触点（3-11）闭合，为允许逆序停止操作做准备。至此，完成两台电动机从前向后顺序起动。

2. 逆序自动停止

按下停止按钮 SB_2（11-13），中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（3-13）闭合自锁，KA 的一组常闭触点（7-9）断开，切断带失电延时头的交流接触器 KMT_2 线圈回路电源，KMT_2 线圈断电释放，KMT_2 开始延时，KMT_2 三相主触点断开，第二台电动机 M_2 先失电停止运转了。在 KA 线圈断电释放时，KA 的另一组常闭触点（1-3）断开，为允许延时切断整个控制回路做准备。经 KMT_2 一段时间延时后，KMT_2 失电延时断开的常开触点（1-3）断开，切断了带得电延时头的交流接触器 KMT_1 和中间继电器 KA 线圈回路电源，KMT_1 和 KA 线圈均断电释放，KMT_1 三相主触点断开，第一台电动机 M_1 后失电停止运转了。至此，完成两台电动机从后向前逆序停止。

★电路 101　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（四）

电路如图 3-20 所示。

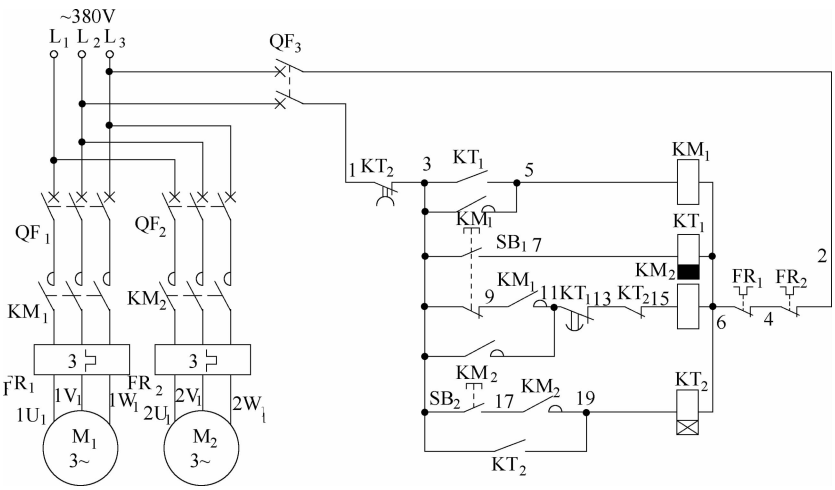


图 3-20　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（四）

1. 顺序自动起动

按下起动按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（3-9）断开，SB_1 的另一组常开触点（3-7）闭合，失电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合，KT_1 失电延时闭合的常闭触点（11-13）立即断开，为延时接通交流接触器 KM_2 线圈做准备；KT_1 不延时瞬动常开触点（3-5）闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 先得电起动运转。松开按下的起动按钮 SB_1，SB_1 触点转态，恢复原始状态，KT_1 线圈断电释放，KT_1 开始延时，在 KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常开触点（9-11）闭合，为接通 KM_2 线圈回路做准备。经 KT_1 一段时间延时后，KT_1 失电延时闭合的常闭触点（11-13）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二台电动机后得电起动运转。在 KM_2 线圈得电吸合后，KM_2 辅助常开触点（17-19）闭合，为逆序停止操作做准备。至此，完成两台电动机顺序起动控制。

2. 逆序自动停止

按下停止按钮 SB_2（3-17），得电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合且 KT_2 不延时瞬动常开触点（3-19）闭合自锁，KT_2 开始延时，KT_2 不延时瞬动常闭触点（13-15）断开，切断交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，第二台电动机 M_2 先失电停止运转了。经 KT_2 一段时间延时后，KT_2 得电延时断开的常闭触点（1-3）断开，切断了交流接触器 KM_1 和得电延时时间继电器 KT_2 线圈回路电源，KM_1、KM_2 线圈断电释放，KT_2 所有触点恢复原始状态，KM_1 三相主触点断开，第一台电动机 M_1 后失电停止运转了。至此，完成两台电动机逆序停止控制。

★电路 102　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（五）

电路如图 3-21 所示。

1. 顺序自动起动

按下起动按钮 SB_1（3-5），带得电延时头的交流接触器 KMT 线圈得电吸合且 KMT 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KMT 开始延时。KMT 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 先得电起动运转。经 KMT 一段时间延时后，KMT 得电延时闭合的常开触点（5-7）闭合，接通了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 后得电起动运转。至此，完成两台电动机按顺序从前向后顺序自动起动。在交流接触器 KM 线圈得电吸合后，KM 串联在逆序停止按钮 SB_2（3-11）回路中的常开触点（11-13）闭合，为允许逆序停止操作提供条件。

2. 逆序自动停止

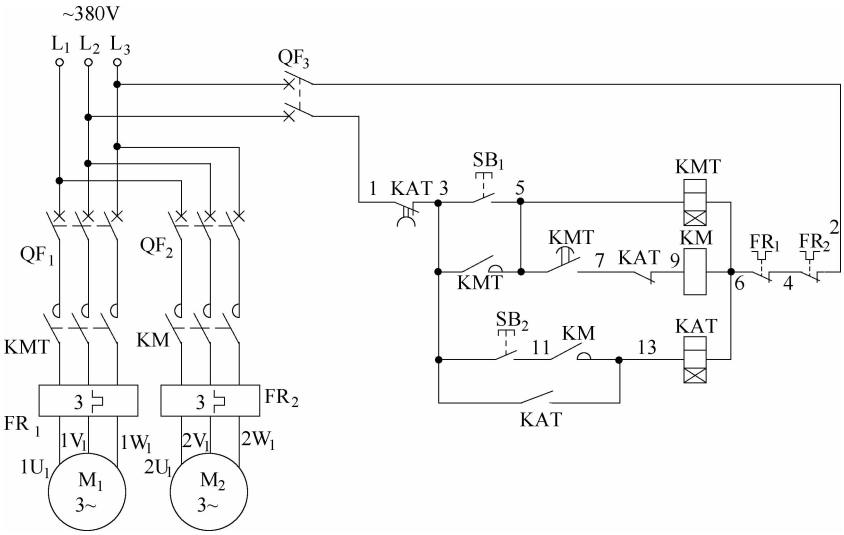


图 3-21　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（五）

按下停止按钮 SB_2（3-11），带得电延时头的接触器式继电器 KAT 线圈得电吸合且 KAT 常开触点（3-13）闭合自锁，KAT 开始延时，KAT 常闭触点（7-9）断开，切断交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，第二台电动机 M_2 先失电停止运转了。经 KAT 一段时间延时后，KAT 得电延时断开的常闭触点（1-3）断开，切断了带得电延时头的交流接触器 KMT 和带得电延时头的接触器式继电器 KAT 线圈回路电源，KMT 和 KAT 线圈均断电释放，KMT 三相主触点断开，第一台电动机 M_1 后失电停止运转了。至此，完成两台电动机按逆序从后向前自动停止。

★电路 103　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（六）

电路如图 3-22 所示。

1. 顺序自动起动

按下起动按钮 SB_1（3-5），带得电延时头的交流接触器 KMT_1 线圈得电吸合且 KMT_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KMT_1 开始延时。KMT_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 先得电起动运转了。经 KMT_1 一段时间延时后，KMT_1 得电延时闭合的常开触点（3-7）闭合，接通了带失电延时头的交流接触器 KMT_2 线圈回路电源，KMT_2 线圈得电吸合，KMT_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 后得电起动运转了。与此同时，KMT_2 失电延时断开的常开触点（1-3）立即闭合，为逆序停止做准备，KMT_2 辅助常开触点（3-11）闭合，为允许逆序停止操作做准备。至此，完成两台电动机从前向后顺序起动。

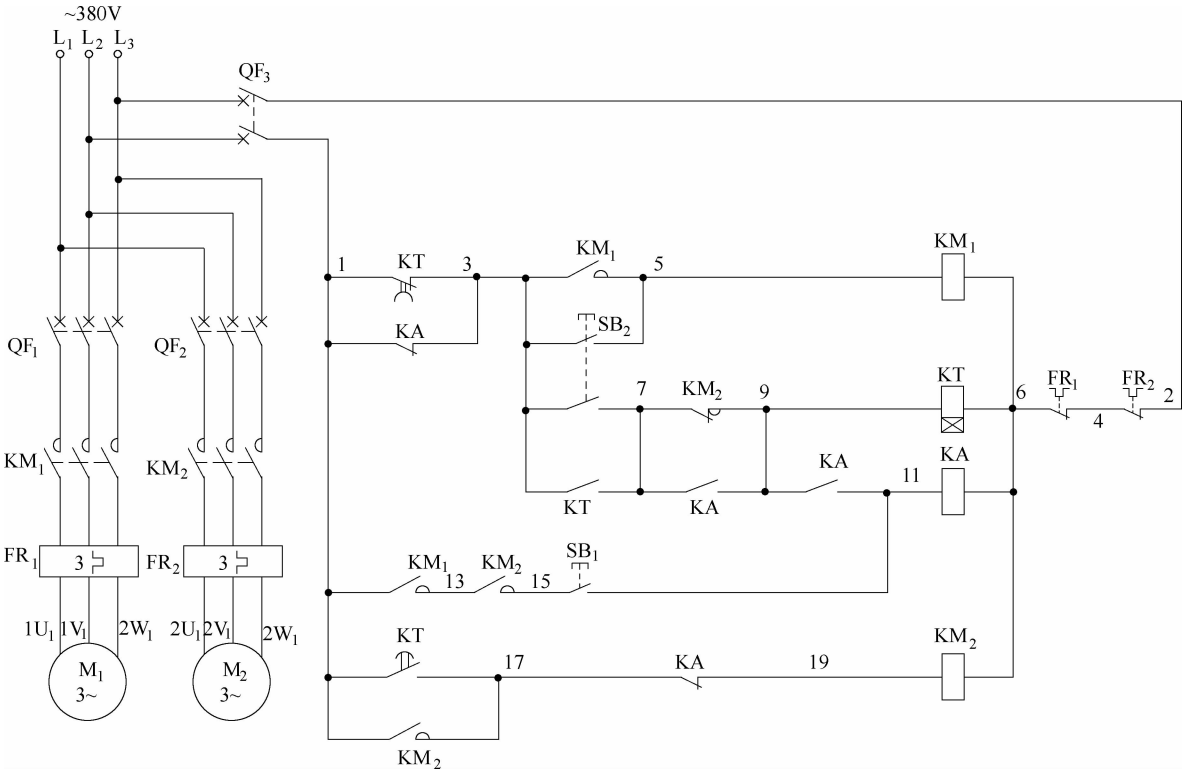


图 3-22　两台电动机顺序自动起动、逆序自动停止控制电路（六）

2. 逆序自动停止

按下停止按钮 SB_2（11-13），中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（3-13）闭合自锁，KA 的一组常闭触点（7-9）断开，切断带失电延时头的交流接触器 KMT_2 线圈回路电源，KMT_2 线圈断电释放，KMT_2 开始延时，KMT_2 三相主触点断开，第二台电动机 M_2 先失电停止运转了。在 KA 线圈断电释放时，KA 的另一组常闭触点（1-3）断开，为允许延时切断整个控制回路做准备。经 KMT_2 一段时间延时后，KMT_2 失电延时断开的常开触点（1-3）断开，切断了带得电延时头的交流接触器 KMT_1 和中间继电器 KA 线圈回路电源，KMT_1 和 KA 线圈均断电释放，KMT_1 三相主触点断开，第一台电动机 M_1 后失电停止运转了。至此，完成两台电动机从后向前逆序控制。

★电路 104　两台电动机顺序起动、任意停止的控制电路（一）

电路如图 3-23 所示。

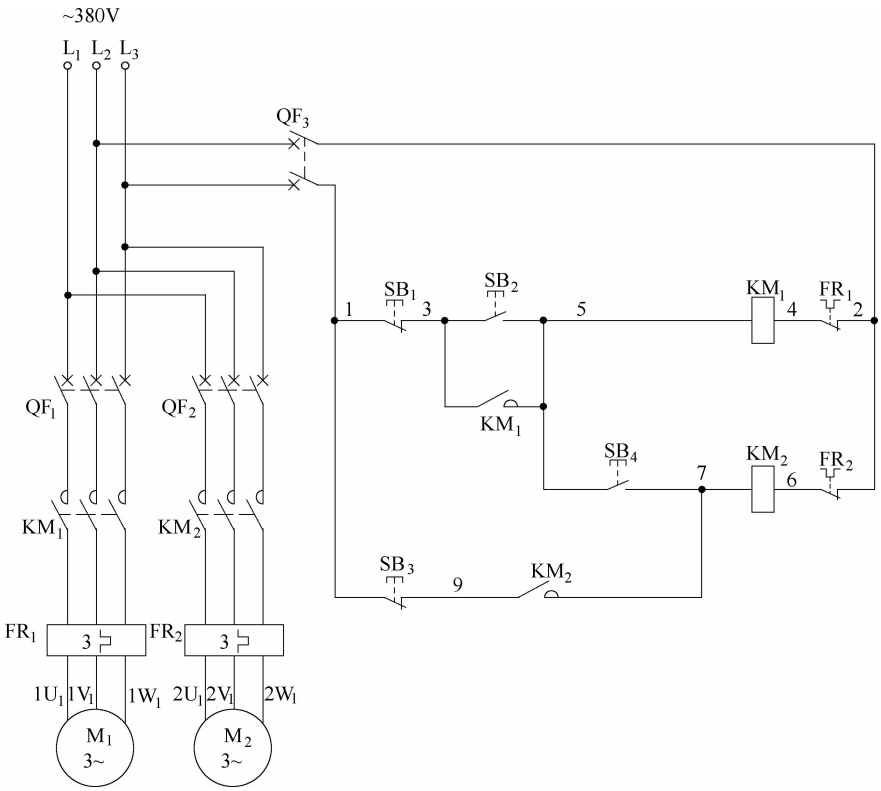


图 3-23　两台电动机顺序起动、任意停止的控制电路（一）

顺序起动时，先按下电动机 M_1 起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 先得电起动运转。因电动机 M_2 的控制回路电源接在 KM_1 自锁辅助常开触点（3-5）的后面，所以 KM_1 自锁辅助常开触点（3-5）闭合后才允许对电动机 M_2 的控制回路进行操作。按下电动机 M_2 起动按钮 SB_4（5-7），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 后得电起动运转。

停止时，不分先后，任意进行停止操作。当按下停止按钮 SB_1（1-3）时，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转。当按下停止按钮 SB_3 时，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电停止运转。

★电路 105　两台电动机顺序起动、任意停止的控制电路（二）

本电路可实现对两台电动机进行从前向后手动顺序起动，而起动运转后可不按顺序任意进行手动停止控制（见图 3-24）。

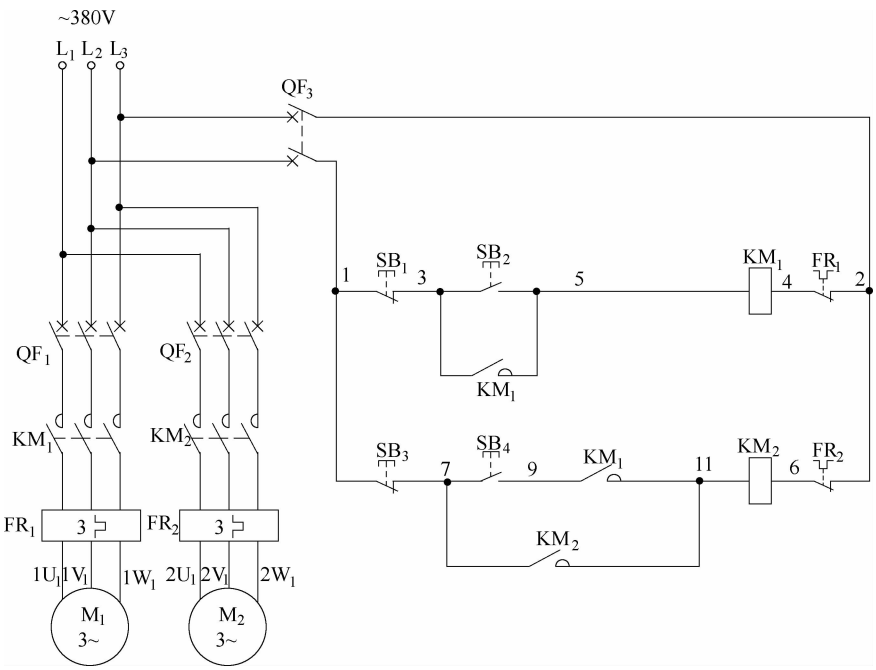


图 3-24　两台电动机顺序起动、任意停止的控制电路（二）

1. 顺序起动

因 KM_2 线圈的起动回路中串联了一组 KM_1 辅助常开触点（9-11），所以只有按顺序先让 KM_1 工作后，才可对 KM_2 进行操作。起动时，先按下电动机 M_1 起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 先得电起动运转。在 KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 串联在 KM_2 线圈起动回路中的辅助常开触点（9-11）闭合，为 KM_2 线圈工作做准备。然后再按下电动机 M_2 起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 后得电起动运转。至此，完成从前向后顺序手动起动控制。

2. 任意停止

按下电动机 M_1 停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转。

按下电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电停止运转。

★电路 106　两台电动机顺序起动、任意停止的控制电路（三）

有的生产设备在起动时要求按顺序先起动第一台电动机，再起动第二台电动机；而在停止操作时无任何要求，可任意停止这两台电动机，如图 3-25 所示。

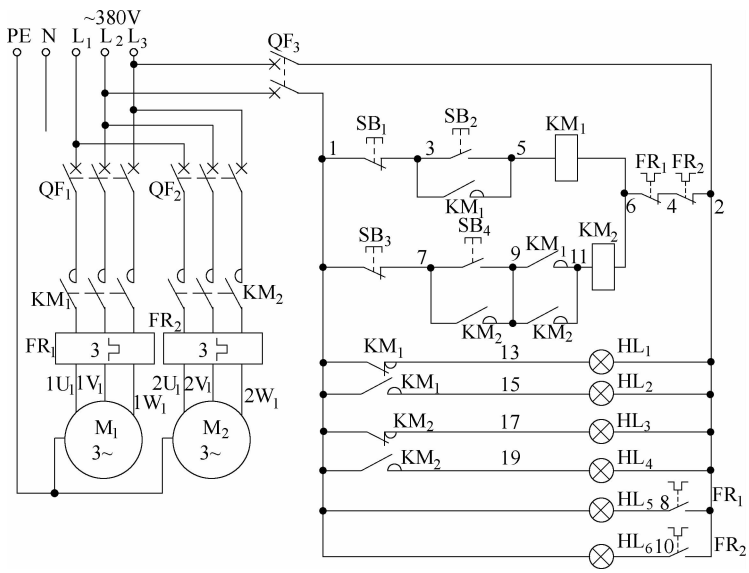


图 3-25　两台电动机顺序起动、任意停止的控制电路（三）

起动时，先起动第一台电动机 M_1，则按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电运转工作。同时 KM_1 辅助常闭触点（1-13）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-15）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明第一台电动机 M_1 已起动运转了。

由于在第二台电动机 M_2 的控制回路中串接了交流接触器 KM_1 的辅助常开触点（9-11），只有在交流接触器 KM_1 线圈得电吸合动作后，其辅助常开触点（9-11）闭合，才能为第二台电动机控制回路提供起动准备。所以，起动时必须先起动第一台电动机 M_1 后才能起动第二台电动机 M_2。

此时若想起动第二台电动机 M_2，则按下起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 的两组辅助常开触点均闭合，其中，KM_2 的一组辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 另一组辅助常开触点（9-11）闭合，将交流接触器 KM_1 辅助常开触点（9-11）短接自锁起来。KM_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 得电运转工作。同时，KM_2 辅助常闭触点（1-17）断开，指示灯 HL_3 灭，KM_2 辅助常开触点（1-19）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明第二台电动机已起动运转起来了。

当两台电动机全部起动运转起来后，可任意对其分别进行停止操作。也就是说，当按下停止按钮 SB_1（1-3）时，停止第一台电动机 M_1；当按下停止按钮 SB_3（1-7）时，停止第二台电动机 M_2。

图 3-25 中，HL_5 为电动机 M_1 过载指示灯；HL_6 为电动机 M_2 过载指示灯。当电动机出现过载时，过载指示灯亮。

★电路 107　两台电动机顺序起动、任意停止的控制电路（四）

从图 3-26 中不难看出，第一台电动机 M_1 的控制回路可以直接操作，不受第二台电动机 M_2 控制电路的制约；而第二台电动机 M_2 控制电路中却串联了一只第一台电动机 M_1 控制用交流接触器 KM_1 的辅助常开触点（9-1），也就是说，第二台电动机 M_2 的控制电路受第一台电动机 M_1 的控制交流接触器 KM_1 制约。只有先起动第一台电动机 M_1 后，方可起动第二台电动机 M_2，而在停止时，可不按顺序任意操作。

1. 从前向后顺序起动

按下第一台电动机起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 得电起动运转；同时 KM_1 辅助常开触点（9-11）闭合，为第二台电动机起动运转做准备。与此同时，KM_1 辅助常闭触点（1-13）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-15）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明第一台电动机 M_1 先得电起动

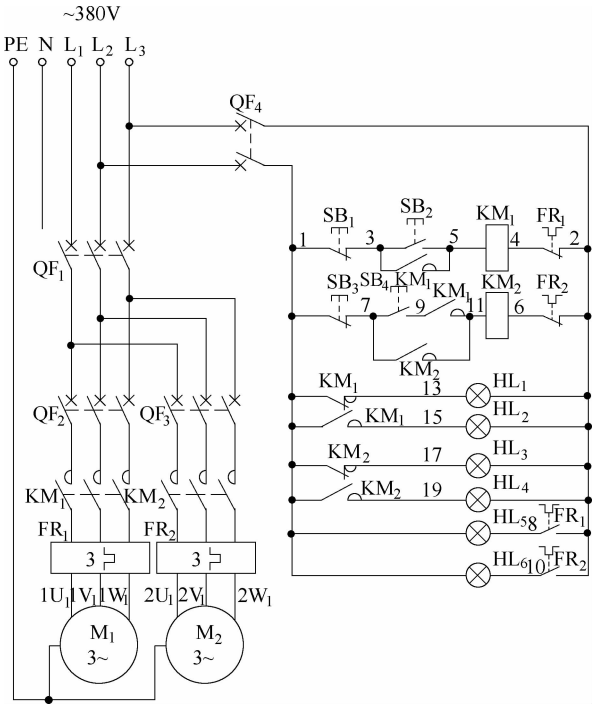


图 3-26　两台电动机顺序起动、任意停止的控制电路（四）

运转了。再按下第二台电动机 M_2 起动按钮 SB_4（7-9），与早已闭合的 KM_1 辅助常开触点（9-11）共同使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-1）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 得电起动运转；同时，KM_2 辅助常闭触点（1-17）断开，指示灯 HL_3 灭，KM_2 辅助常开触点（1-19）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明第二台电动机 M_2 也得电起动运转了。至此，完成两台电动机按顺序从前向后手动逐台起动。

2. 停止

当两台电动机起动运转后，可分别对其进行任意停止控制。欲停止第一台电动机 M_1，则按下第一台电动机停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，第一台电动机 M_1 失电停止运转。欲停止第二台电动机 M_2，则按下第二台电动机停止按钮 SB_3（1-7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，第二台电动机 M_2 失电停止运转。在电动机停止时，其相应的指示灯被点亮，以指示出电动机的状态来。

★电路 108　两台电动机顺序起动、任意停止的控制电路（五）

两台电动机顺序起动、任意停止的控制电路（五）如图 3-27 所示。因电动

机 M_2 的控制回路中串联了交流接触器 KM_1 的一组辅助常开触点（9-11），所以只有电动机 M_1 先起动运转后，KM_1 辅助常开触点（9-11）闭合，才能操作电动机 M_2 的控制回路。

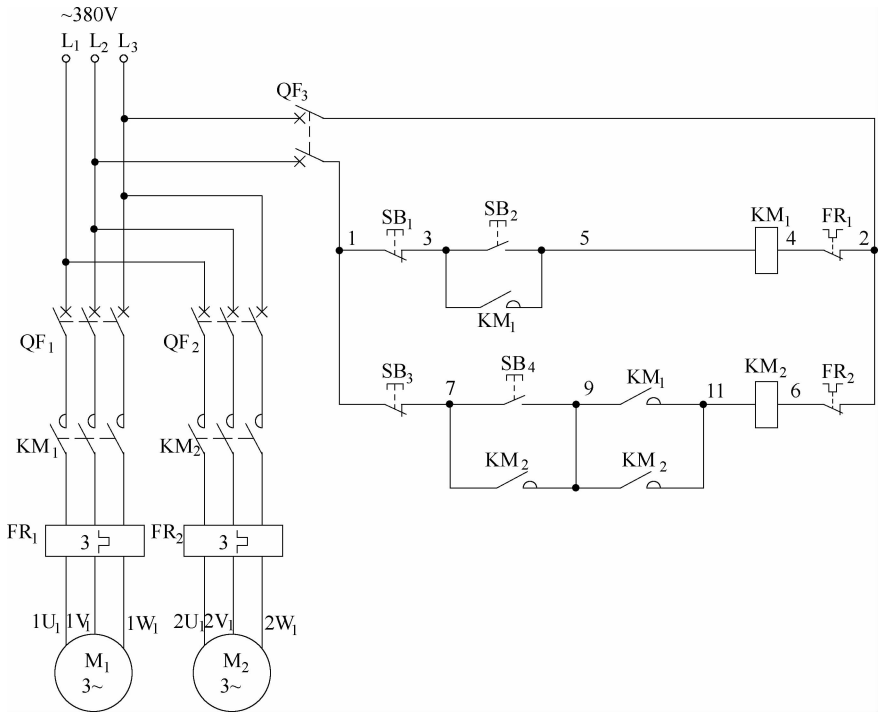


图 3-27　两台电动机顺序起动、任意停止的控制电路（五）

起动时，按下电动机 M_1 起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 先得电起动运转。当 KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 串联在交流接触器 KM_2 线圈回路中的辅助常开触点（9-11）闭合，为接通交流接触器 KM_2 线圈回路做准备。按下电动机 M_2 起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 后得电起动运转。为了保证在两台电动机全部起动运转后能分别任意停止，KM_2 的一组辅助常开触点（9-11）闭合，将 KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常开触点（9-11）短接起来。这样，两台电动机控制电路就可以互不制约，分别独立进行停止操作了。

★电路 109　用两只接触器完成Y-△减压自动起动控制电路

在通常的Y-△起动电路中，一般采用三只交流接触器来进行控制。本电路

采用两只交流接触器完成Y-△减压自动起动控制，如图 3-28 所示。

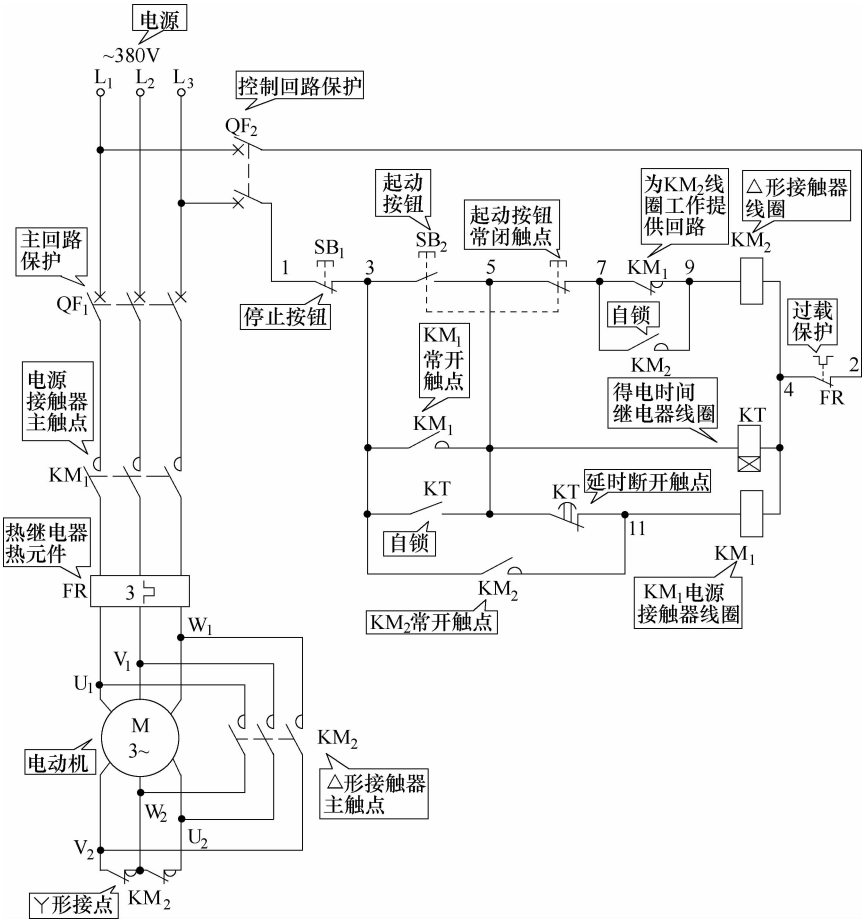


图 3-28　用两只接触器完成Y-△减压自动起动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1、时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KM_1 常开触点闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合提供三相电源，由于交流接触器 KM_2 未工作，其 KM_2 常闭触点仍闭合组成Y点，电动机Y形起动。经过时间继电器 KT 延时后，KT 延时断开的常闭触点断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈电源，从而使 KM_1 三相主触点断开，此时电动机瞬间脱离电源靠惯性继续运转，为什么这样做？就是为了保证△形交流接触器 KM_2 能先可靠地分断（常闭触点）和接通（常开触点），不至于在转换过程中发生短路事故。由于 KM_1 线圈失电释放，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的常闭触点闭合，此时 KT 延时闭合的常开触点闭合且自锁，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁，KM_2 作为电动机

Y点的常闭触点断开，三相常开主触点闭合，连接成△形电路，KM_2 辅助常开触点闭合，接通了电动机电源交流接触器 KM_1 线圈回路电源。这样，KM_1、KM_2 主触点均闭合，电动机由Y形接法自动转换为△形接法，电动机起动完毕而正常运转。

该电路仅适用于功率在 4kW 以上至 18.5kW 以下的采用三角形接法的小容量电动机。否则，由于交流接触器 KM_2 辅助常闭触点容量小，很容易被烧损。为此在使用时尽量减少起动次数，以保证辅助常闭触点工作正常而不被损坏。

★电路 110　自耦变压器手动控制减压起动电路

图 3-29 所示电路是采用按钮来完成的手动自耦变压器减压起动控制。该电路在起动后人为再按下运转按钮后电动机进入△形正常运转。

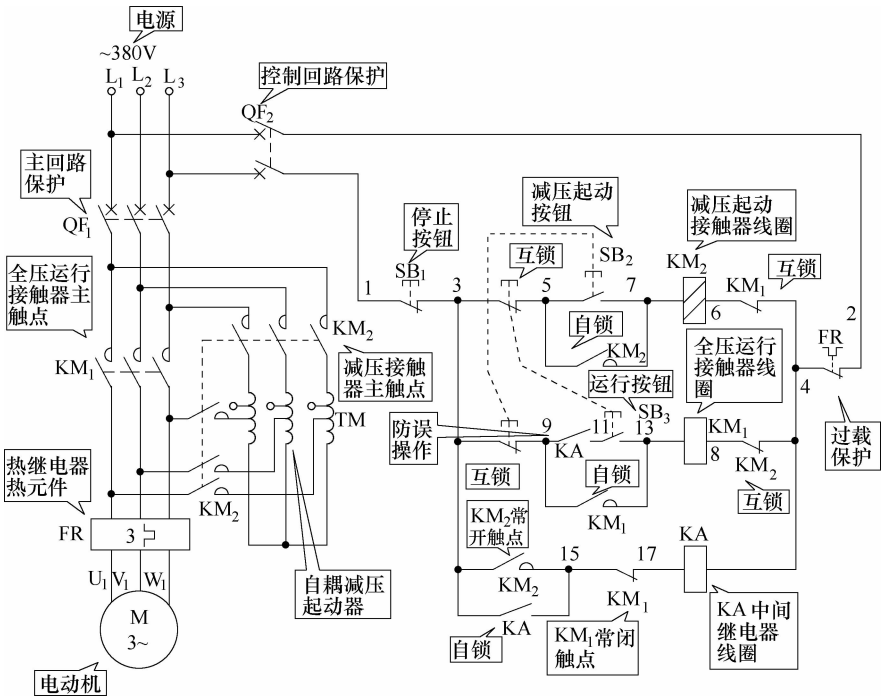


图 3-29　自耦变压器手动控制减压起动电路

1. 自耦变压器减压起动

按下减压起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁，KM_2 主触点闭合，串入自耦变压器 TM 减压起动。由于 KM_2 吸合，KM_2 串联在中间继电器 KA 线圈回路中的常开触点闭合使 KA 吸合且自锁。KA 的作用是防止误按 SB_3 按钮直接起动电动机。KA 串联在 SB_3 按钮回路中的常开触点闭合，为转换△形

正常运转做准备。此时，电动机减压起动。

2. 正常△形运转

当根据经验或实际起动时间后按下△形运转按钮 SB_3，SB_3 一组常闭触点断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_1 主触点断开，使自耦变压器退出。同时 SB_3 另一组常开触点闭合，接通了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电△形全压正常运转。当 KM_1 线圈吸合后，KM_1 串联在中间继电器 KA 线圈回路中的常闭触点断开，使 KA 线圈断电释放，KA 串联在全压△形运转按钮 SB_3 回路中的常开触点断开，用来防止误操作该按钮 SB_3 而出现直接全压起动问题。

★电路 111　两台传送带起动、停止控制电路（一）

本电路的优点是：主回路工作时 KM_1 先工作，KM_2 再工作，也就是说，传送带电动机 M_1 先工作后，传送带电动机 M_2 才能工作，这样就能保证顺序动作的可靠性。本电路的两台传送带设计要求是：起动时先起动传送带电动机 M_1，经延时后再自动起动传送带电动机 M_2；而停止时则先停止传送带电动机 M_2，经延时后再自动停止传送带电动机 M_1（见图 3-30）。

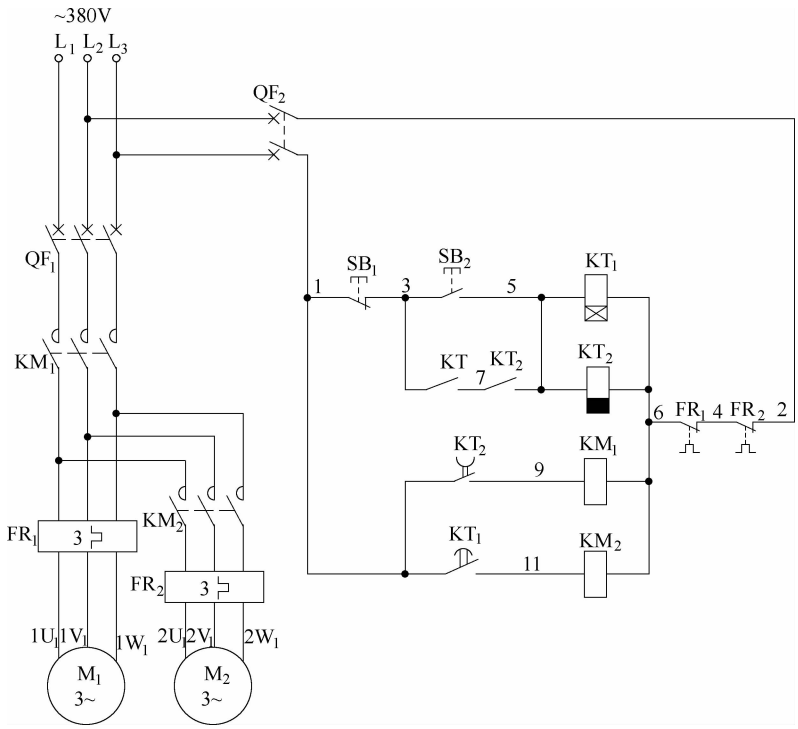


图 3-30　两台传送带起动、停止控制电路（一）

顺序起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），得电延时时间继电器 KT_1 和失电延时时间继电器 KT_2 线圈均得电吸合且 KT_1、KT_2 的两组不延时瞬动常开触点（3-7、5-7）闭合串联自锁，KT_1 开始延时；KT_2 失电延时断开的常开触点（1-9）立即闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，传送带电动机 M_1 先得电起动运转。经 KT_1 一段延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（1-11）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，传送带电动机 M_2 也得电起动运转，从而完成起动时，先起动传送带电动机 M_1，再自动起动传送带电动机 M_2，从前向后顺序进行起动控制。

逆序停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3），得电延时时间继电器 KT_1 和失电延时时间继电器 KT_2 线圈均断电释放且 KT_2 开始延时。同时，KT_1 得电延时闭合的常开触点（1-11）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，传送带电动机 M_2 先失电停止运转。经 KT_2 一段延时后，KT_2 失电延时断开的常开触点（1-9）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，传送带电动机 M_1 也随后失电停止运转，从而完成停止时，先停止传送带电动机 M_2，再自动停止传送带电动机 M_1，从后向前逆序进行停止控制。

★电路 112　两台传送带起动、停止控制电路（二）

本电路中，两台传送带在起动时从前向后顺序起动，在停止时则从后向前逆序停止（见图 3-31）。

顺序起动时，按下起动按钮 SB_1（1-3），得电延时时间继电器 KT_1 和交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（1-3）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台传送带电动机 M_1 先得电起动运转。与此同时，KT_1 开始延时。经 KT_1 一段延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（5-7）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二台传送带电动机 M_2 后得电起动运转。至此，完成从前向后自动顺序起动控制。

逆序停止时，按下停止按钮 SB_2（5-11），得电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合且 KT_2 不延时瞬动常开触点（5-11）闭合自锁，KT_2 不延时瞬动常闭触点（7-9）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，第二台传送带电动机 M_2 先失电停止运转。与此同时，KT_2 开始延时。经 KT_2 一段延时后，KT_2 得电延时断开的常闭触点（3-5）断开，切断了得电延时时间继电器 KT_1 和交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KT_1 和 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，第一台传送带电动机 M_1 后失电停止运转。至

此，完成从后向前自动逆序停止控制。

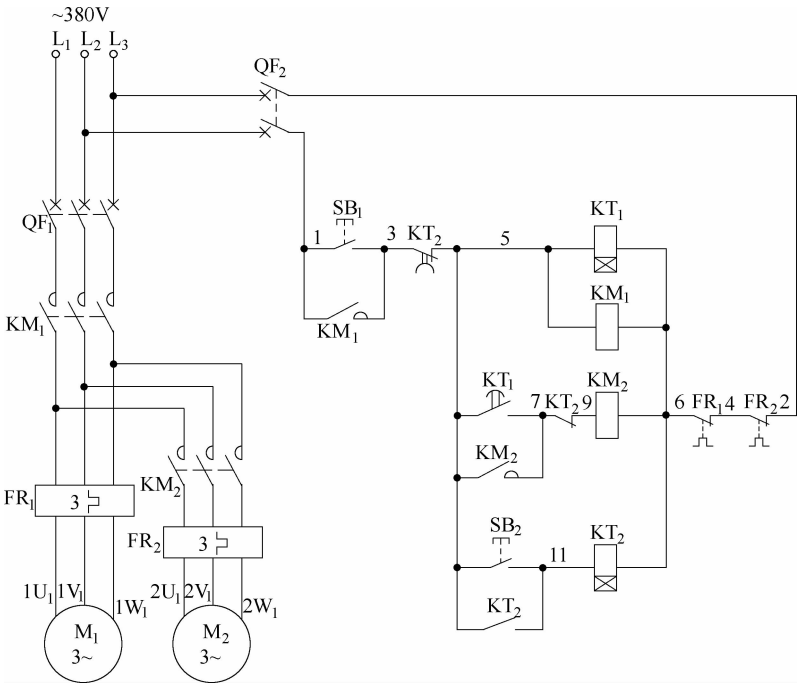


图 3-31　两台传送带起动、停止控制电路（二）

★电路 113　可预选单机起停、多机顺序起动控制电路

电路如图 3-32 所示。本电路设计比较巧妙，通过中间继电器 KA_1 选择单机或多机控制。

1. 单机任意起停控制

断开转换开关 SA（1-3），中间继电器 KA_1 线圈不工作，KA_1 的所有触点不转换，可分别通过手动起动按钮 SB_2、SB_4、SB_6、SB_8、SB_{10}对电动机 M_1、M_2、M_3、M_4、M_5 进行手动起动控制；通过手动停止按钮 SB_1、SB_3、SB_5、SB_7、SB_9 分别对电动机 M_1、M_2、M_3、M_4、M_5 进行手动停止控制。

2. 多机顺序起动

闭合转换开关 SA（1-3），中间继电器 KA_1 线圈得电吸合，KA_1 所有常闭触点（1-9、1-15、1-21、1-27）断开，KA_1 所有常开触点（7-11、13-17、19-23、25-29、33-35、4-6、4-8、4-10、4-12、4-14）闭合，控制交流接触器 KM_2、KM_3、KM_4、KM_5 各自的自锁线分别连至上一个交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3、KM_4 的起动线上，从而实现多机顺序逐个手动起动。

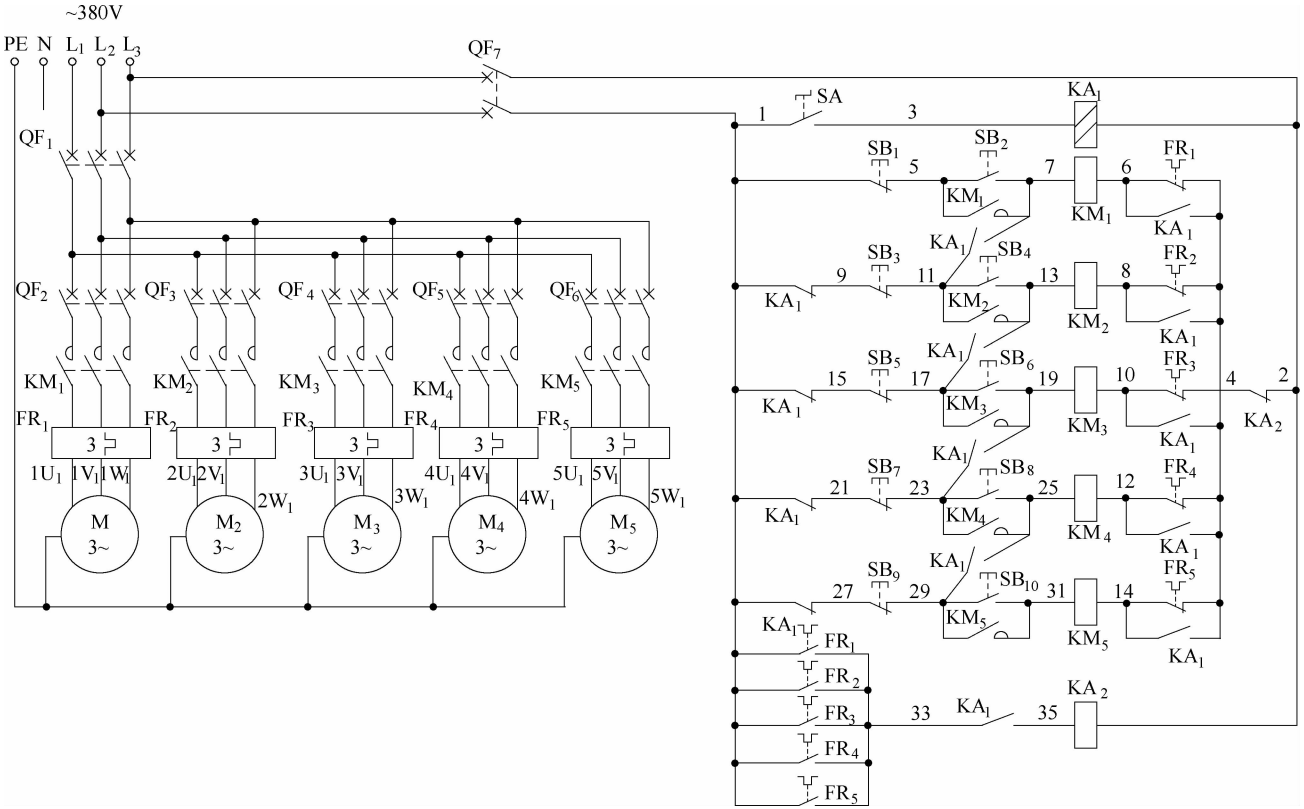


图 3-32　可预选单机起停、多机顺序起动控制电路

先按下电动机 M_1 起动按钮 SB_2（5-7），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，并为 KM_2 线圈工作做准备；KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电按顺序第一个起动运转。

KM_1 自锁触点（5-7）闭合后，可对电动机 M_2 进行起动操作。这时，按下电动机 M_2 起动按钮 SB_4（11-13），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（11-13）闭合自锁，并为 KM_3 线圈工作做准备；KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 按顺序第二个起动运转。

KM_2 自锁触点（11-13）闭合后，可对电动机 M_3 进行起动操作。这时，按下电动机 M_3 起动按钮 SB_6（17-19），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（17-19）闭合自锁，并为 KM_4 线圈工作做准备；KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 按顺序第三个起动运转。

KM_3 自锁触点（17-19）闭合后，可对电动机 M_4 进行起动操作。这时，按下电动机 M_4 起动按钮 SB_8（23-25），交流接触器 KM_4 线圈得电吸合，KM_4 辅助常开触点（23-25）闭合自锁，并为 KM_5 线圈工作做准备；KM_4 三相主触点闭合，电动机 M_4 按顺序第四个起动运转。

KM_4 辅助常开触点（23-25）闭合自锁后，可对电动机 M_5 进行起动操作。这时按下电动机 M_5 起动按钮 SB_{10}（29-31），交流接触器 KM_5 线圈得电吸合，KM_5 辅助常开触点（23-25）闭合自锁，KM_5 三相主触点闭合，电动机 M_5 最后一个起动运转。

至此，完成了五台电动机逐台顺序手动起动的控制。

3. 补充说明

中间继电器 KA_1 吸合动作后，分别并联在五只热继电器 FR_1、FR_2、FR_3、FR_4、FR_5 控制常闭触点上的五组 KA_1 常开触点（4-6、4-8、4-10、4-12、4-14）闭合，分别对 FR_1、FR_2、FR_3、FR_4、FR_5 控制常闭触点短接，使其不能分别切除各自的控制电路；已闭合的 KA_1 常开触点（33-35）与另一组并联的热继电器常开触点 FR_1、FR_2、FR_3、FR_4、FR_5 接通中间继电器 KA_2 线圈电源，串联在整个控制电路中的 KA_2 常闭触点（2-4）立即断开，从而切断整个控制电路电源，使所有电动机同时失电而停止运转，起到过载保护作用。

注意：单机起停控制时，各自的热继电器会分别进行过载保护。

★电路 114　手动单机起停和联机顺序起动、总停控制电路

电路如图 3-33 所示。本电路可实现两个控制功能：一是五台电动机可分别独立进行起动停止控制；二是五台电动机可实现联机控制，实现起动时手动从前向后逐台起动，而停止时必须按动停止按钮 SB_1 完成全机同时停止。

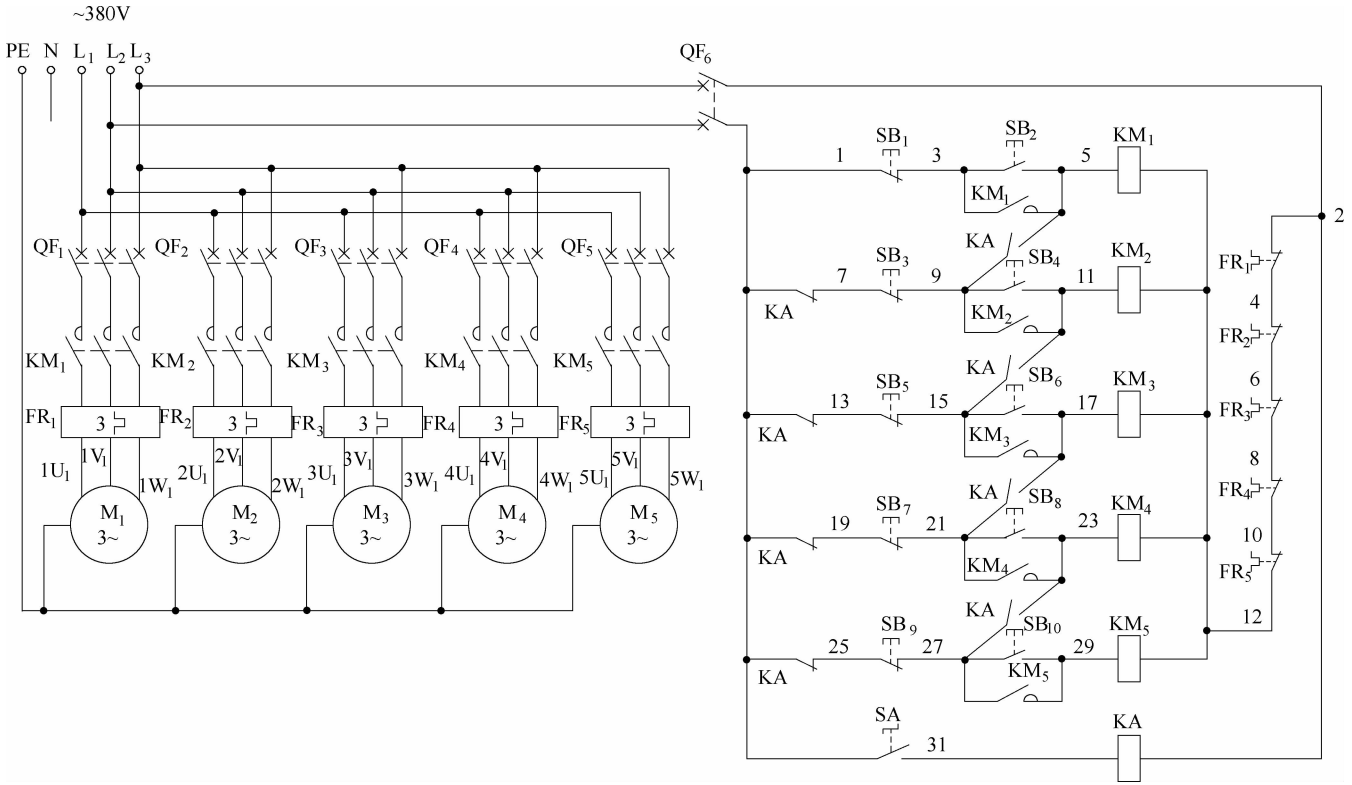


图 3-33　手动单机起停和联机顺序起动、总停控制电路

1. 单机控制

断开选择开关 SA（1-31），中间继电器 KA 线圈不工作，KA 所有常开触点（5-9、11-15、17-21、23-27）断开，使各个独立控制单元分开；KA 所有常闭触点（1-7、1-13、1-19、1-25）闭合，将各个独立控制单元接通。此时，可根据需要任意按动起动按钮 SB_2（3-5）、SB_4（9-11）、SB_6（15-17）、SB_8（21-23）、SB_{10}（27-29），对电动机 M_1、M_2、M_3、M_4、M_5 分别进行起动控制；欲停止时，则按动停止按钮 SB_1（1-3）、SB_3（7-9）、SB_5（13-15）、SB_7（19-21）、SB_9（25-27），对电动机 M_1、M_2、M_3、M_4、M_5 分别进行停止控制。

2. 联机顺序起动、总停

合上选择开关 SA（1-31）使其闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 所有常闭触点（1-7、1-13、1-19、1-25）断开，将交流接触器 KM_2、KM_3、KM_4、KM_5 线圈电源切断；KA 所有常开触点（5-9、11-15、17-21、23-27）闭合，将交流接触器 KM_2、KM_3、KM_4、KM_5 的自锁线分别接至上一个交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3、KM_4 的起动线上。这样，按下第一台电动机 M_1 起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 起动运转；KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合，为第二台电动机 M_2 起动做准备。其次，按下第二台电动机 M_2 起动按钮 SB_4（9-11），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（9-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 起动运转；KM_2 辅助常开触点（9-17）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（15-17）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，第三台电动机 M_3 起动运转；KM_3 辅助常开触点（15-17）闭合，为第四台电动机 M_4 起动做准备。接着，按下第四台电动机 M_4 起动按钮 SB_8（21-23），交流接触器 KM_4 线圈得电吸合，KM_4 辅助常开触点（21-23）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，第四台电动机 M_4 起动运转；KM_4 辅助常开触点（21-23）闭合，为第五台电动机 M_5 起动做准备。最后，按下第五台电动机 M_5 起动按钮 SB_{10}（27-29），交流接触器 KM_5 线圈得电吸合，KM_5 辅助常开触点（27-29）闭合自锁，KM_5 三相主触点闭合，第五台电动机 M_5 起动运转。至此，完成五台电动机从前向后逐台手动起动的控制。

停止时，必须按下停止按钮 SB_1（1-3），将交流接触器 $KM_1 \sim KM_5$ 的线圈电源全部切断，使其全部断电释放，实现总停控制。

★电路 115　两台电动机顺序起动、定时停机电路

本电路除了能手动完成停止外，还增设了定时自动停机控制。

电路如图 3-34 所示。合上主回路断路器 QF_1、QF_2 和控制回路断路器 QF_3，指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

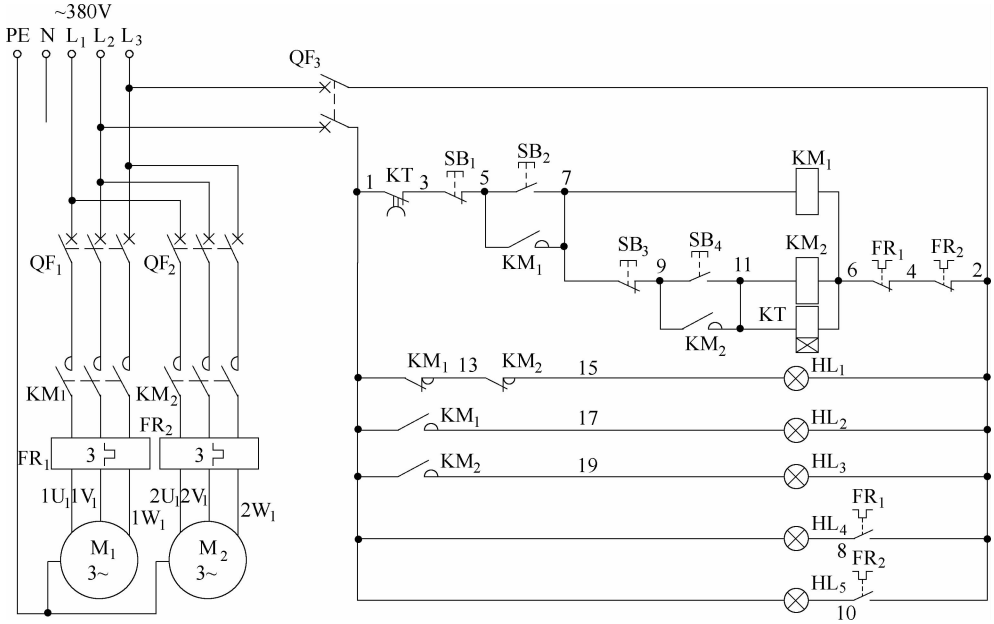


图 3-34　两台电动机顺序起动、定时停机电路

1. 电动机 M_1 起动

按下 M_1 起动按钮 SB_2（5-7），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电运转。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-13）断开，KM_1 辅助常开触点（1-17）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转了。

2. 电动机 M_2 起动

因电动机 M_2 的控制交流接触器 KM_2 线圈电源接在 KM_1 的自锁回路后面，所以只有在 KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁之后，电动机 M_2 才能起动操作控制。这时，按下电动机 M_2 起动按钮 SB_4（9-11），交流接触器 KM_2、得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（9-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转。与此同时，KM_2 辅助常开触点（1-19）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 起动运转了；同时 KT 开始延时。

3. 定时停机

经延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（1-3）断开，切断交流接触器 KM_1、KM_2 及得电延时时间继电器 KT 线圈电源，KM_1、KM_2、KT 线圈断电释放，KM_1、KM_2 三相主触点断开，电动机 M_1、M_2 失电而停止运转，实现定时关机控制。同时，指示灯 HL_2、HL_3 灭，HL_1 亮，说明电动机 M_1、M_2 均停止运转了。

★电路 116　两台电动机同时起动、从前向后顺序延时停机控制电路（一）

电路如图 3-35 所示。合上主回路断路器 QF_1、QF_2 和控制回路断路器 QF_3，电源兼停止指示灯 HL_1 亮，说明电源正常，电路处于热备机状态。

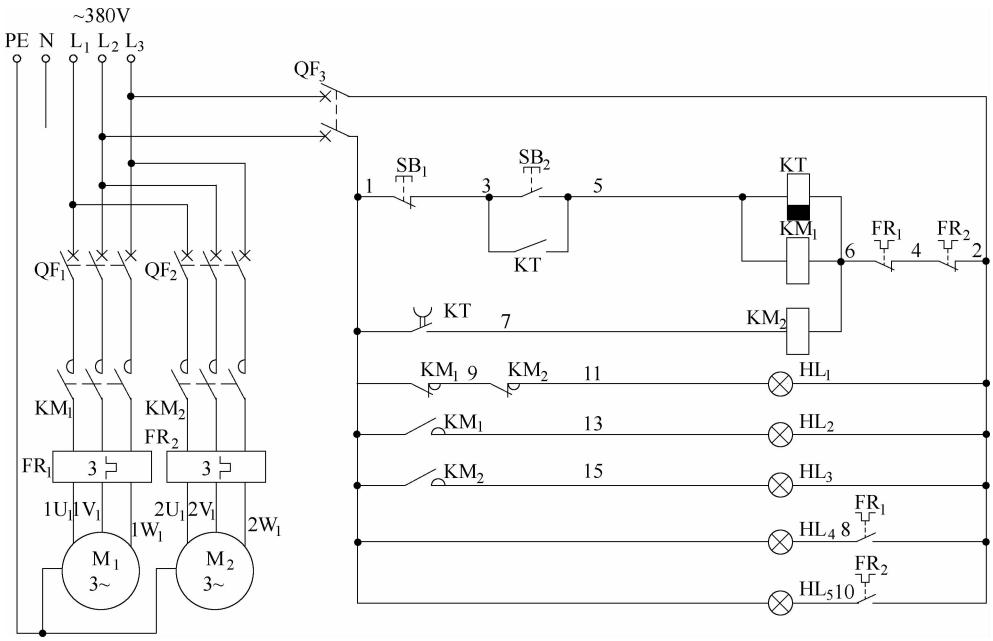


图 3-35　两台电动机同时起动、从前向后顺序延时停机控制电路（一）

1. 两台电动机同时起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），失电延时时间继电器 KT、交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 起动运转；KT 失电延时断开的常开触点（1-7）瞬时闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 也起动运转，从而完成两台电动机 M_1、M_2 同时起动运转。与此同时，指示灯 HL_1 灭，HL_2、HL_3 亮，说明电动机 M_1、M_2 起动运转了。

2. 从前向后顺序延时停机

按下停止按钮 SB_1（1-3），失电延时时间继电器 KT、交流接触器 KM_1 线圈均断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转。同时 KT 开始延时，经延时后，KT 失电延时断开的常开触点（1-7）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 延时自动停止运转，从而

完成停止时从前向后顺序延时停机的控制。在 KM_1、KM_2 线圈断电释放后，指示灯 HL_2、HL_3 灭，HL_1 亮，说明电动机 M_1、M_2 停止运转了。

★电路 117　两台电动机同时起动、从前向后顺序延时停机控制电路（二）

电路如图 3-36 所示。合上主回路断路器 QF_1、QF_2 和控制回路断路器 QF_3，停止兼电源指示灯 HL_3 亮，说明电源正常。

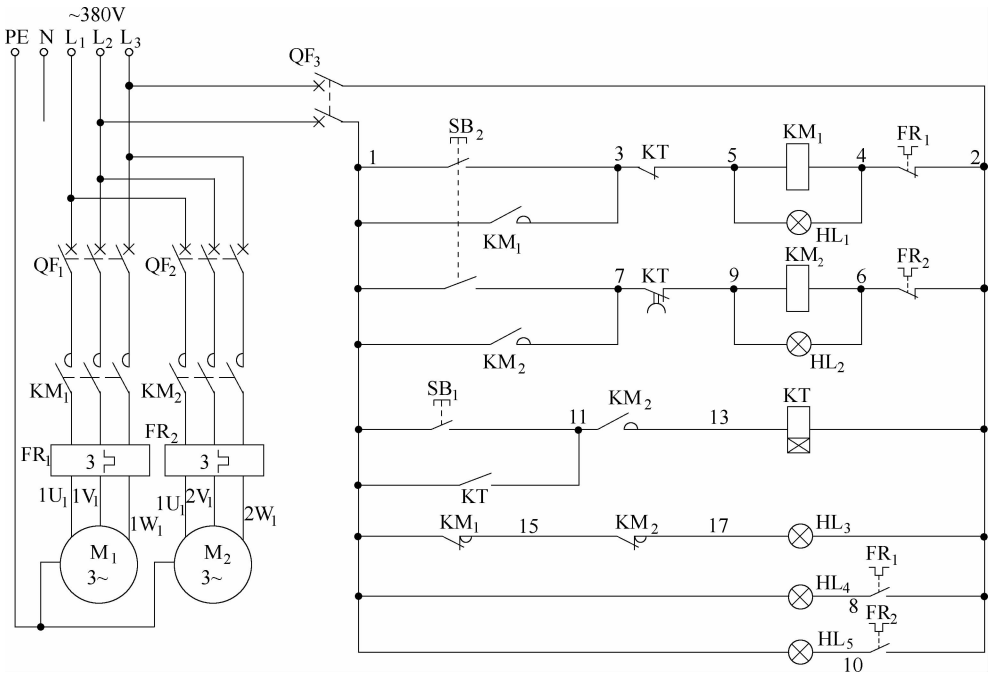


图 3-36　两台电动机同时起动、从前向后顺序延时停机控制电路（二）

1. 电动机 M_1、M_2 同时起动

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（1-3）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（1-3）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电而起动运转。在按下起动按钮 SB_2 的同时，SB_2 的另一组常开触点（1-7）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（1-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 也得电而起动运转，从而完成电动机 M_1、M_2 同时起动控制。当交流接触器 KM_1、KM_2 线圈得电吸合后，指示灯 HL_3 灭，HL_1、HL_2 亮，说明电动机 M_1、M_2 同时起动运转了。当交流接触器 KM_2 线圈得电吸合后，KM_2 辅助常开触点（11-13）闭合，为停止时从前向后顺序延时停机做准备。

2. 从前向后顺序延时停机

按下停止按钮 SB_1（1-11），得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（1-11）闭合自锁，KT 不延时瞬动常闭触点（3-5）立即断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 停止运转。同时，指示灯 HL_1 灭，说明电动机 M_1 停止运转了。

经 KT 延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（7-9）断开，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 延时自动停止运转。同时，指示灯 HL_2 灭、HL_3 亮，说明电动机 M_2 已停止运转，从而完成停止时从前向后顺序延时停机。即先手动停止电动机 M_1 后，得电延时时间继电器 KT 的得电延时断开的常闭触点（7-9）断开，切断交流接触器 KM_2 线圈电源，使电动机 M_2 顺序延时停机。

★电路 118　两台电动机手动从前向后顺序起动、手动从后向前顺序停止电路

电路如图 3-37 所示。第一台电动机控制交流接触器 KM_1 线圈回路在起动操作时是没有任何限制的，而在停止时有所限制。第二台电动机控制交流接触器 KM_2 线圈得电吸合后，其辅助常开触点（1-3）闭合，将停止按钮 SB_1（1-3）断开，使 SB_1（1-3）无法操作。因此，必须先停止第二台电动机，使并联在 SB_1（1-3）上的 KM_2 辅助常开触点（1-3）断开，才能对第一台电动机进行停止操作。第二台电动机控制交流接触器 KM_2 线圈回路中串联了第一台电动机控制交流接触器 KM_1 的辅助常开触点（9-11），故只有第一台电动机起动运转、交流接触器 KM_1 辅助常开触点（9-11）闭合后，才能对第二台电动机控制电路进行起动操作。综合来看，起动时，必须先起动第一台电动机，才允许起动第二台电动机；而停止时则相反，必须先停止第二台电动机后，再停止第一台电动机。

合上断路器 QF_1、QF_2、QF_3、QF_4，指示灯 HL_1、HL_3 亮，说明电源正常且电动机 M_1、M_2 均处于停止状态。

1. 起动

先按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电运转；KM_1 辅助常开触点（9-11）闭合，为交流接触器 KM_2 线圈工作做准备。与此同时，KM_1 辅助常闭触点（1-13）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-15）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明第一台电动机起动运转了。

然后，按下起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转；并联在 SB_1 上的 KM_2 辅助常开触点（1-3）闭合，不允许 SB_1 操作。

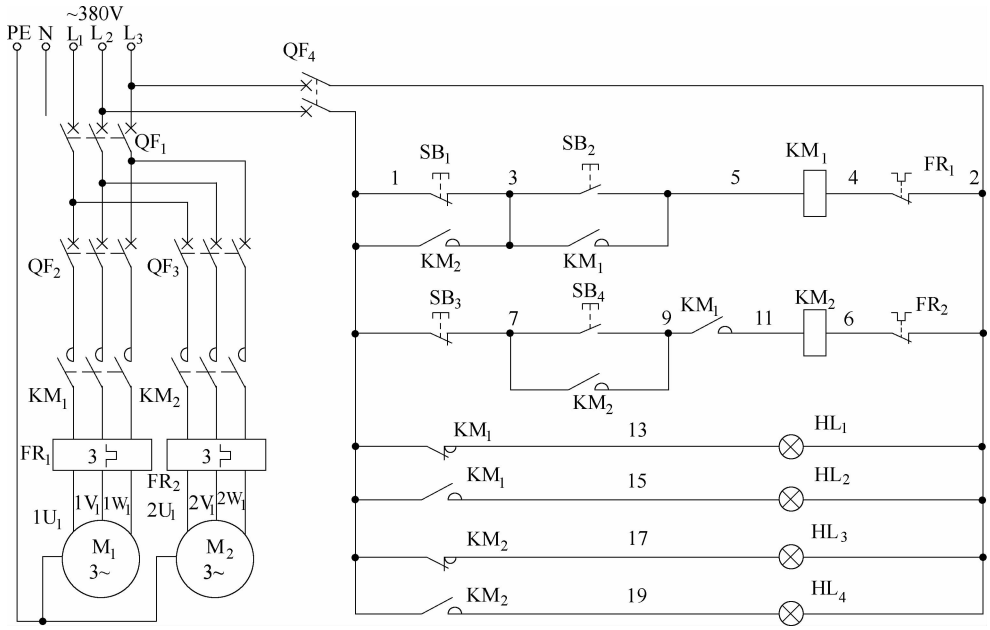


图 3-37　两台电动机手动从前向后顺序起动、手动从后向前顺序停止电路

同时，KM_2 辅助常闭触点（1-17）断开，指示灯 HL_3 灭；KM_2 辅助常开触点（1-19）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明第二台电动机也起动运转了。至此，完成了起动时从前向后逐台手动起动的控制。

2. 停止

停止时，必须先按下停止按钮 SB_3（1-7），使交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电而停止运转；并联在 SB_1（1-3）两端的 KM_2 辅助常开触点（1-3）断开，为停止 KM_1 做准备；同时，KM_2 辅助常开触点（1-19）断开，指示灯 HL_4 灭；KM_2 辅助常闭触点（1-17）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明第二台电动机 M_2 停止运转了。

然后，按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转；串联在 KM_2 线圈回路中的 KM_1 辅助常开触点（9-11）断开，为禁止先起动 KM_2 线圈回路提供先决条件。同时，KM_1 辅助常开触点（1-15）断开，指示灯 HL_2 灭；KM_1 辅助常闭触点（1-13）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明第一台电动机 M_1 停止运转了。

至此，完成了停止时从后向前逐台手动停止的控制。

★电路 119　两台电动机起动时从前向后自动起动、停止时同时停机控制电路

电路如图 3-38 所示。起动时，电动机 M_1、M_2 按从前向后的顺序延时自动起动；停止时，则两台电动机必须同时断电停止。

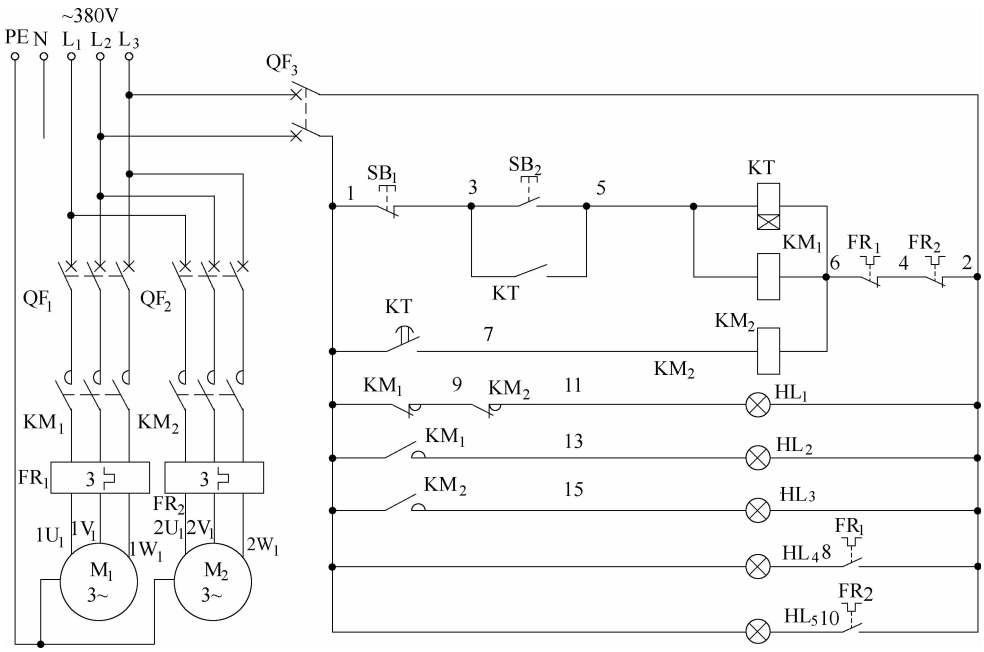


图 3-38　两台电动机起动时从前向后自动起动、停止时同时停机控制电路

合上主回路断路器 QF_1、QF_2 和控制回路断路器 QF_3，停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. 电动机 M_1、M_2 逐台从前向后自动顺序起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），得电延时时间继电器 KT、交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KT 不延时常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电起动运转。KM_1 线圈得电吸合后，串联在指示灯 HL_1 回路中的 KM_1 辅助常闭触点（1-9）断开，指示灯 HL_1 灭；串联在指示灯 HL_2 回路中的 KM_1 辅助常开触点（1-13）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转了。

经 KT 延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（1-7）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电也起动运转。同时，KM_2 辅助常闭触点（9-11）断开，保证指示灯 HL_1 仍处于熄灭状态；串联在指示灯 HL_3 中的 KM_2 辅助常开触点（1-15）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 也起

动运转了。

至此，完成了电动机 M_1、M_2 逐台从前向后自动顺序起动的控制。

2. 两台电动机 M_1、M_2 同时停机

按下停止按钮 SB_1（1-3），得电延时时间继电器 KT、交流接触器 KM_1 线圈同时断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转；KT 得电延时闭合的常开触点（1-7）立即断开并恢复原始常开状态，使交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电而停止运转。在 KM_1、KM_2 线圈断电释放后，KM_1、KM_2 辅助常开触点（1-13、1-15）恢复常开，指示灯 HL_2、HL_3 灭；KM_1、KM_2 辅助常闭触点（1-9、9-11）恢复常闭，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明两台电动机 M_1、M_2 同时停止运转了。

★电路 120　两台电动机从前向后顺序自动起动、从前向后顺序自动停止控制电路

电路如图 3-39 所示。合上主回路断路器 QF_1、QF_2 和控制回路断路器 QF_3，停止兼电源指示灯 HL_3 亮，说明电源正常。

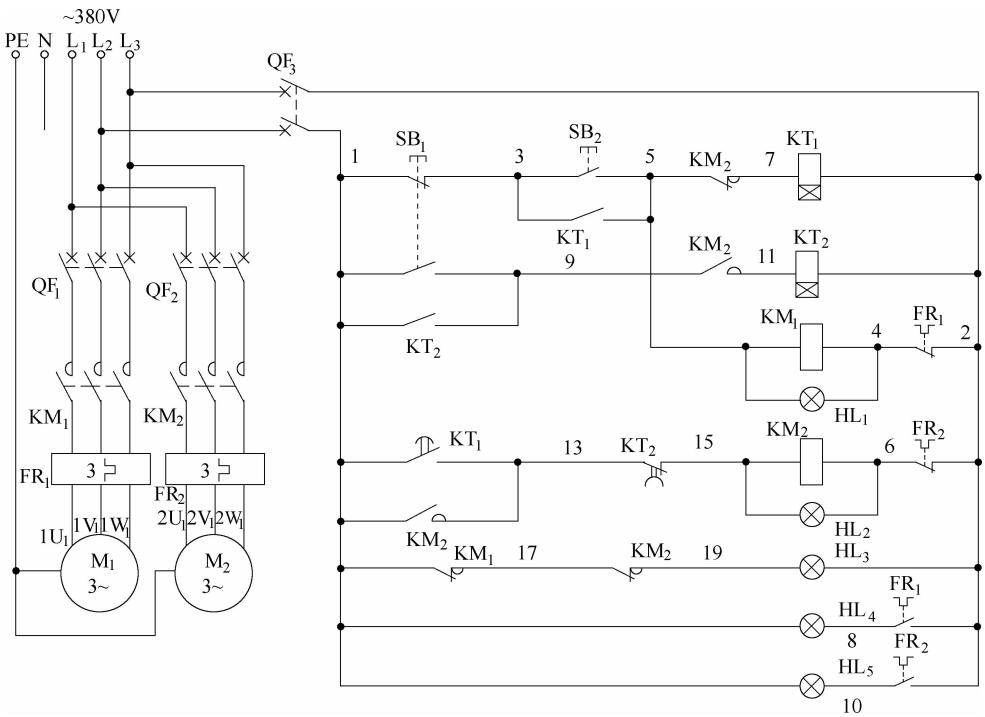


图 3-39　两台电动机从前向后顺序自动起动、从前向后顺序自动停止控制电路

1. 从前向后顺序自动起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），得电延时时间继电器 KT_1、交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KT_1 不延时瞬动常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电而起动运转；同时 KT_1 开始延时。在 KM_1 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_1 亮、HL_2 灭，说明电动机 M_1 起动运转了。

经 KT_1 延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（1-13）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（1-13）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电而起动运转。同时，指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_2 起动运转了。

至此，完成了起动时从前向后顺序自动起动的控制。

2. 从前向后顺序自动停止

按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，切断了得电延时时间继电器 KT_1 和交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KT_1、KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转。同时，指示灯 HL_1 灭，说明电动机 M_1 失电停止运转了。在按下停止按钮 SB_1 的同时，SB_1 的另一组常开触点（1-9）闭合，与早已闭合的 KM_2 辅助常开触点（9-11）一起接通得电延时时间继电器 KT_2 线圈电源，KT_2 线圈得电吸合，KT_2 不延时瞬动常开触点（1-9）闭合自锁。

经 KT_2 延时后，串联在 KM_2 线圈回路中的 KT_2 得电延时断开的常闭触点（13-15）断开，切断交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电而停止运转。同时，指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机 M_2 也停止运转了。在 KM_2 线圈断电释放的同时，串联在 KT_2 线圈回路中的 KM_2 辅助常开触点（9-11）断开，切断了 KT_2 线圈回路电源，使 KT_2 线圈断电释放，从而完成停止时从前向后顺序自动停止的控制。

★电路 121　用两只得电延时时间继电器控制两台电动机从前向后逐台自动起动、从后向前逐台自动停止电路

电路如图 3-40 所示。

1. 从前向后逐台自动起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1、得电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 起动运转；同时 KT_1 开始延时。经延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（1-9）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 自动起动运转了，从而完成从前向后逐台自动起动控制。即起动时先起动 M_1，经延时后再自动起动 M_2。

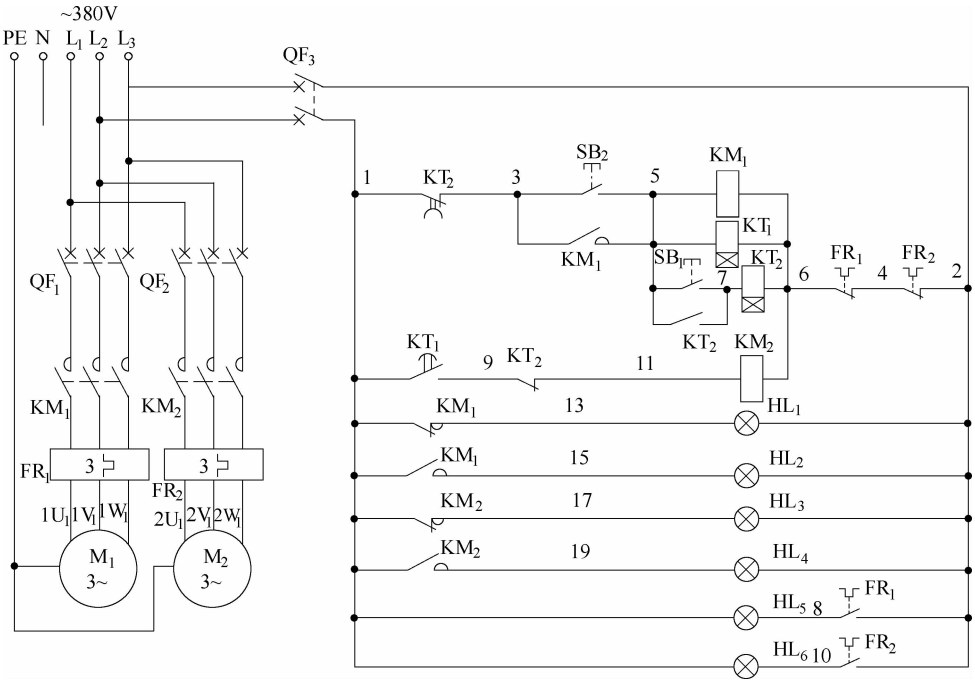


图 3-40　用两只得电延时时间继电器控制两台电动机
从前向后逐台自动起动、从后向前逐台自动停止电路

在按下起动按钮 SB_2（3-5）前，指示灯 HL_1、HL_3 亮，说明电源正常；当 KM_1 线圈得电吸合后，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转了，当 KM_2 线圈得电吸合后，指示灯 HL_3、HL_4 亮，说明电动机 M_2 也起动运转了。

2. 从后向前逐台自动停止

按下停止按钮 SB_1（5-7），得电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合，KT_2 不延时瞬动常开触点（5-7）闭合自锁；KT_2 不延时瞬动常闭触点（9-11）断开，切断交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 断电而停止运转了；同时 KT_2 开始延时。经延时后，KT_2 得电延时断开的常闭触点（1-3）断开，将交流接触器 KM_1、得电延时时间继电器 KT_1、KT_2 线圈电源全部切断，KM_1、KT_1、KT_2 线圈断电释放，KT_1、KT_2 所有触点恢复原始状态，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 断电而停止运转。

按下停止按钮 SB_1 后，由于 KM_2 线圈断电释放，其控制指示灯的 KM_2 辅助触点恢复原始状态，HL_4 灭、HL_3 亮，说明电动机 M_2 停止运转了；经 KT_2 延时后，KM_1 线圈也断电释放，其控制指示灯的 KM_1 辅助触点恢复原始状态，HL_2

灭、HL_1 亮，说明电动机 M_1 也停止运转了。至此，完成了从后向前逐台自动停止控制，停止时先停止 M_2，经延时后再自动停止 M_1。

★电路 122　用两只得电延时时间继电器完成顺序自动起动、逆序自动停止控制电路

电路如图 3-41 所示。合上主回路断路器 QF_1、QF_2 和控制回路断路器 QF_3，指示灯 HL_1 亮，说明电源正常，电路处于热备机状态。

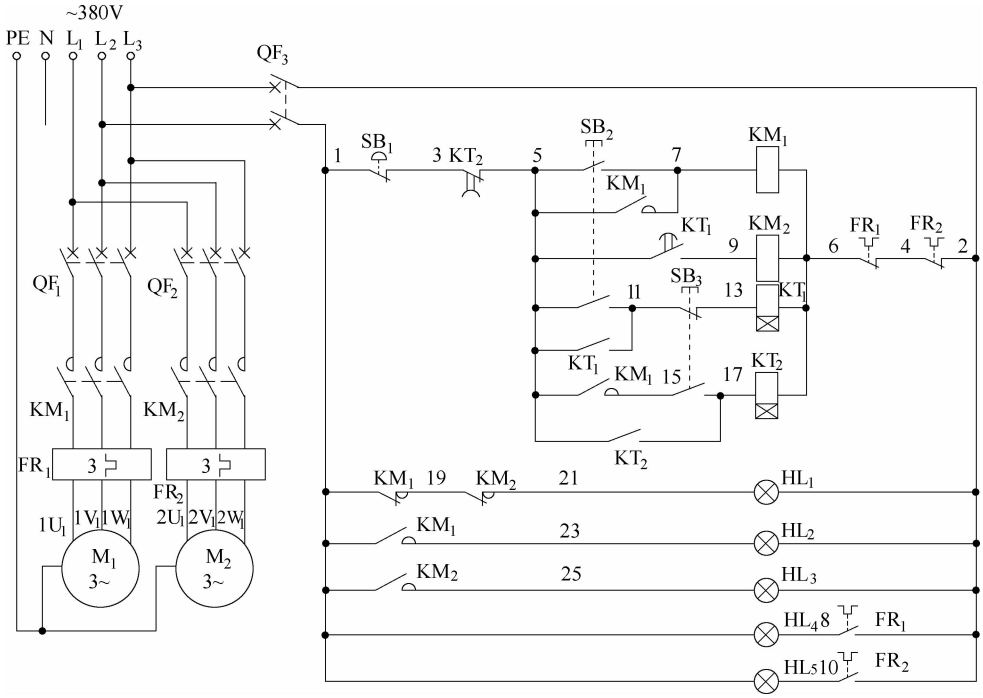


图 3-41　用两只得电延时时间继电器完成顺序自动起动、逆序自动停止控制电路

1. 顺序自动起动

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（5-7）闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电而起动运转。与此同时，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转了。

在按下起动按钮 SB_2 的同时，SB_2 的另一组常开触点（5-11）闭合，得电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合，KT_1 不延时瞬动常开触点（5-11）闭合自锁，KT_1 开始延时。经 KT_1 延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（5-9）闭合，接

通交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电而起动运转。与此同时，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 已起动运转。

至此，完成了从前向后顺序自动起动控制。

2. 逆序自动停止

按下停止按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（11-13）断开，切断得电延时时间继电器 KT_1 线圈电源，KT_1 线圈断电释放，KT_1 得电延时闭合的常开触点（5-9）恢复原始常开状态，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电而停止运转。与此同时，指示灯 HL_3 灭，说明电动机 M_2 停止运转了。

在按下停止按钮 SB_3 的同时，SB_3 的另一组常开触点（15-17）闭合，与早已闭合的 KM_1 辅助常开触点（5-15）共同接通得电延时时间继电器 KT_2 线圈电源，使 KT_2 线圈得电吸合，KT_2 不延时瞬动常开触点（5-17）闭合自锁，KT_2 开始延时。经 KT_2 延时后，KT_2 得电延时断开的常闭触点（3-5）断开，切断 KT_2、KM_1 线圈电源，KT_2、KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转。与此同时，指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机 M_1 停止运转了。

至此，完成了从后向前逆序自动停止控制。

★电路 123　两台电动机起动时任意一台先起动、另一台延时自动起动，停止时各自独立手动停止电路

本电路的特点是，先起动任一台电动机，另一台电动机便自动延时起动：若先起动 M_1，则延时自动起动 M_2；若先起动 M_2，则延时自动起动 M_1。停止时，两台电动机无任何关联，各自独立手动停止。

电路如图 3-42 所示。合上主回路断路器 QF_1、QF_2 和控制回路断路器 QF_3，指示灯 HL_1、HL_3 亮，说明电源正常。

1. 先起动电动机 M_1

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（3-5）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电而起动运转；SB_2 的另一组常开触点（1-11）闭合，得电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合且 KT_1 不延时瞬动常开触点（1-11）闭合自锁，KT 开始延时。

经延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（5-9）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电而自动起动运转。在 KT 延时动作后，KT 得电延时断开的常闭触点（11-13）断开，切断 KT 线圈自身回路电源，KT 线圈断电

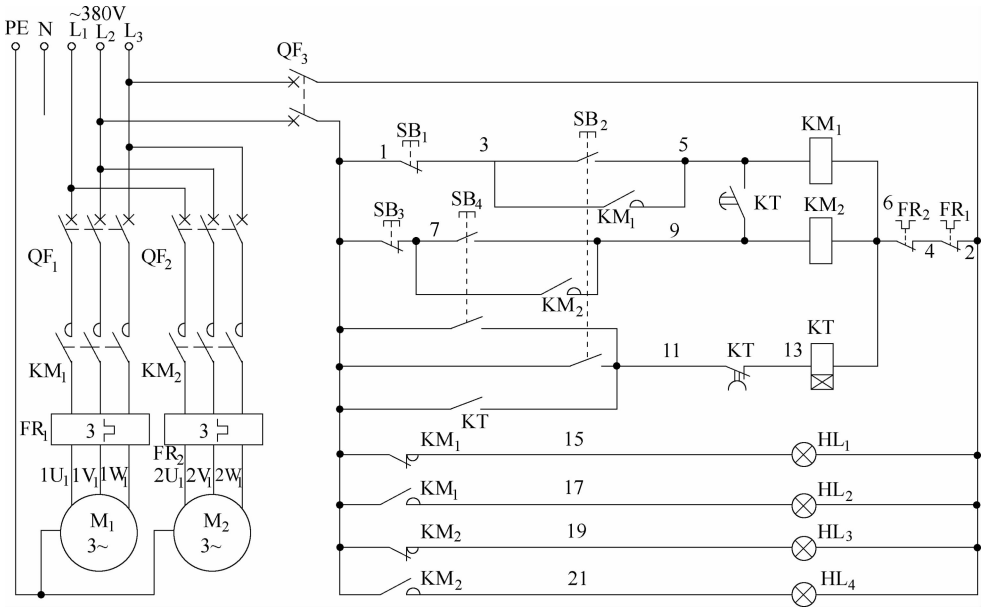


图 3-42　两台电动机起动时任意一台先起动、另一台延时自动起动，停止时各自独立手动停止电路

释放，KT 所有触点恢复原始状态。

当 KM_1 线圈得电吸合时，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转了；当 KM_2 线圈得电吸合时，指示灯 HL_3、HL_4 亮，说明电动机 M_2 起动运转了。

2. 先起动电动机 M_2

按下起动按钮 SB_4，SB_4 的一组常开触点（7-9）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电起动运转；SB_4 的另一组常开触点（1-11）闭合，得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（1-11）闭合自锁且 KT 开始延时。

经延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（5-9）闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电而自动起动运转。在 KT 延时动作后，KT 得电延时断开的常闭触点（11-13）断开，切断 KT 线圈自身回路电源，KT 线圈断电释放，KT 所有触点恢复原始状态。

当 KM_2 线圈得电吸合时，指示灯 HL_3 灭、HL_4 亮，说明电动机 M_2 起动运转

了；当 KM_1 线圈得电吸合时，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转了。

★电路 124　两台电动机任意一台先起动、另一台延时自动起动，停止时任意一台先停止、另一台延时自动停止的控制电路

本例中的两台电动机，起动时任意先起动哪一台均可，另一台则延时自动起动；停止时也可随意先停止哪一台，另一台则延时自动停止。因此，可有 4 种控制顺序。

1）起动时，先起动电动机 M_1，再延时自动起动电动机 M_2；停止时，先停止电动机 M_1，再延时停止电动机 M_2。

2）起动时，先起动电动机 M_1，再延时自动起动电动机 M_2；停止时，先停止电动机 M_2，再延时停止电动机 M_1。

3）起动时，先起动电动机 M_2，再延时自动起动电动机 M_1；停止时，先停止电动机 M_2，再延时停止电动机 M_1。

4）起动时，先起动电动机 M_2，再延时自动起动电动机 M_1；停止时，先停止电动机 M_1，再延时停止电动机 M_2。

电路如图 3-43 所示。合上主回路断路器 QF_1、QF_2 和控制回路断路器 QF_3，指示灯 HL_1、HL_3 点亮，说明电源正常。

1. 起动时先起动 M_1、再延时自动起动 M_2，停止时先停止 M_1、再延时停止 M_2

起动时，按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（11-13）闭合，得电延时时间继电器 KT_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合，KT_1 不延时瞬动常开触点（11-13）闭合自锁，KT_1 开始延时；KT_2 的两组失电延时断开的常开触点（3-7、15-19）均瞬时闭合，为停止时延时切断其控制电路做准备。在按下起动按钮 SB_2 的同时，SB_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合，与同时闭合的 KT_2 失电延时断开的常开触点（3-7）形成自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电而起动运转。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-21）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-23）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转了。

经得电延时时间继电器 KT_1 延时后，KT_1 的两组得电延时闭合的常开触点（3-5、15-17）均闭合，交流接触器 KM_2 线圈在 KT_1 得电延时闭合的常开触点（15-17）的作用下得电吸合，KM_2 辅助常开触点（17-19）闭合，与早已闭合的 KT_2 失电延时断开的常开触点（15-19）形成自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 延时自动起动运转。同时，KM_2 辅助常闭触点（1-25）断开，指示灯 HL_3 灭；KM_2 辅助常开触点（1-27）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机 M_2 也得电而

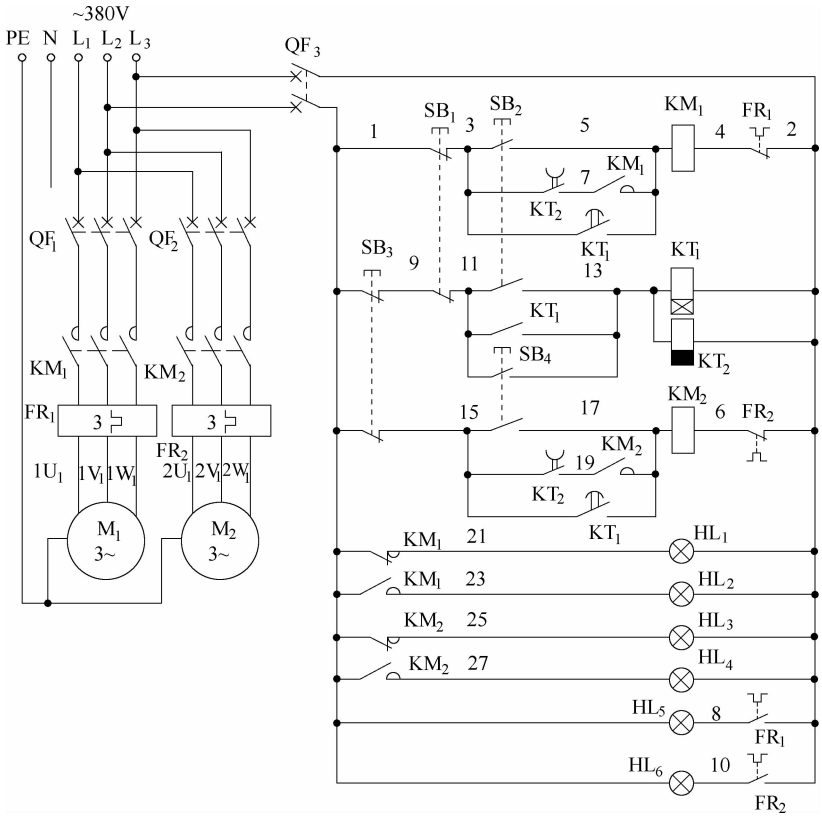


图 3-43　两台电动机任意一台先起动、另一台延时自动起动，停止时任意一台先停止、另一台延时自动停止的控制电路

起动运转了。至此，完成了起动时先起动电动机 M_1，再延时自动起动电动机 M_2 的控制。

停止时，按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（9-11）断开，切断得电延时时间继电器 KT_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈电源，KT_1、KT_2 线圈均断电释放，KT_2 开始延时；KT_1 的两组得电延时闭合的常开触点（3-5、15-17）均断开，为停止 KM_1、KM_2 做准备。在按下停止按钮 SB_1 的同时，SB_1 的另一组常闭触点（1-3）也断开，切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 辅助常开触点（5-7）断开而解除自锁，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转。同时，KM_1 辅助常开触点（1-23）断开，指示灯 HL_2 灭；KM_1 辅助常闭触点（1-21）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机 M_1 停止运转了。

经 KT_2 延时后，KT_2 的两组失电延时断开的常开触点（3-7、15-19）断开。因交流接触器 KM_1 线圈早已断电释放，所以 KM_1 线圈自锁回路中的 KT_2 失电延时断开的常开触点（3-7）已失去作用。于是，KT_2 失电延时断开的常开触点（15-19）断开，KM_2 线圈断电释放，KM_2 辅助常开触点（17-19）断开而解除自锁，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电而停止运转。同时，KM_2 辅助常开触点（1-27）断开，指示灯 HL_4 灭；KM_2 辅助常闭触点（1-25）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 延时自动停止了。至此，完成了停止时先停止 M_1，再延时停止 M_2 的控制。

2. 起动时先起动 M_1、再延时自动起动 M_2，停止时先停止 M_2、再延时停止 M_1

起动时，按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（11-13）闭合，得电延时时间继电器 KT_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合，KT_1 不延时瞬动常开触点（11-13）闭合自锁，KT_1 开始延时；KT_2 的两组失电延时断开的常开触点（3-7、15-19）均瞬时闭合，为停止时延时切断其控制电路做准备。在按下起动按钮 SB_2 的同时，SB_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合，与同时闭合的 KT_2 失电延时断开的常开触点（3-7）形成自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电而起动运转。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-21）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-23）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转了。

经得电延时时间继电器 KT_1 延时后，KT_1 的两组得电延时闭合的常开触点（3-5、15-17）均闭合，交流接触器 KM_2 线圈在 KT_1 得电延时闭合的常开触点（15-17）的作用下得电吸合，KM_2 辅助常开触点（17-19）闭合，与早已闭合的 KT_2 失电延时断开的常开触点（15-19）形成自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 延时自动起动运转。同时，KM_2 辅助常闭触点（1-25）断开，指示灯 HL_3 灭；KM_2 辅助常开触点（1-27）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机 M_2 也得电而起动运转了。至此，完成了起动时先起动电动机 M_1，再延时自动起动电动机 M_2 的控制。

停止时，停下停止按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（1-9）断开，切断得电延时时间继电器 KT_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈电源，KT_1、KT_2 线圈均断电释放，KT_2 开始延时；KT_1 的两组得电延时闭合的常开触点（3-5、15-17）均断开，为停止 KM_1、KM_2 做准备。在按下停止按钮 SB_3 的同时，SB_3 的另一组常闭触点（1-15）也断开，切断交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 辅助常开触点（17-19）断开而解除自锁，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电而停止运转。同时，KM_2 辅助常开触点（1-27）断开，指示灯 HL_4 灭；KM_2 辅助常闭触点（1-25）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 停止运转了。

经 KT_2 延时后，KT_2 的两组失电延时断开的常开触点（3-7、15-19）断开。因交流接触器 KM_2 线圈早已断电释放，所以 KM_2 线圈自锁回路中的 KT_2 失电延时断开的常开触点（15-19）已失去作用。于是，KT_2 失电延时断开的常开触点（3-7）断开，KM_1 线圈断电释放，KM_1 辅助常开触点（5-7）断开而解除自锁，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转。同时，KM_1 辅助常开触点（1-23）断开，指示灯 HL_2 灭；KM_1 辅助常闭触点（1-21）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机 M_1 延时停止了。至此，完成了停止时先停止 M_2，再延时停止 M_1 的控制。

3. 起动时先起动 M_2、再延时自动起动 M_1，停止时先停止 M_2、再延时停止 M_1

起动时，按下起动按钮 SB_4，SB_4 的一组常开触点（11-13）闭合，得电延时时间继电器 KT_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合，KT_1 不延时瞬动常开触点（11-13）闭合自锁，KT_1 开始延时；KT_2 的两组失电延时断开的常开触点（3-7、15-19）均瞬时闭合，为停止时延时切断其控制电路做准备。在按下起动按钮 SB_4 的同时，SB_4 的另一组常开触点（15-17）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（17-19）闭合，与同时闭合的 KT_2 失电延时断开的常开触点（15-19）形成自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电而起动运转。同时，KM_2 辅助常闭触点（1-25）断开，指示灯 HL_3 灭；KM_2 辅助常开触点（1-27）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机 M_2 起动运转了。

经得电延时时间继电器 KT_1 延时后，KT_1 的两组得电延时闭合的常开触点（3-5、15-17）均闭合，交流接触器 KM_1 线圈在 KT_1 得电延时闭合的常开触点（3-5）的作用下得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合，与早已闭合的 KT_2 失电延时断开的常开触点（3-7）形成自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 延时自动起动运转。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-21）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-23）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 也得电起动运转了。至此，完成了起动时先起动 M_2，再延时自动起动电动机 M_1 的控制。

停止时，按下停止按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（1-9）断开，切断得电延时时间继电器 KT_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈电源，KT_1、KT_2 线圈均断电释放，KT_2 开始延时；KT_1 的两组得电延时闭合的常开触点（3-5、15-17）均断开，为停止 KM_1、KM_2 做准备。在按下停止按钮 SB_3 的同时，SB_3 的另一组常闭触点（1-15）也断开，切断交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 辅助常开触点（17-19）断开而解除自锁，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电而停止运转。同时，KM_2 辅助常开触点（1-27）断开，指示灯 HL_4 灭；KM_2 辅助常闭触点（1-25）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 停止运转了。

经 KT_2 延时后，KT_2 的两组失电延时断开的常开触点（3-7、15-19）断开。因交流接触器 KM_2 线圈早已断电释放，所以 KM_2 线圈自锁回路中的 KT_2 失电延时断开的常开触点（15-19）已失去作用。于是，KT_2 失电延时断开的常开触点（3-7）断开，KM_1 线圈断电释放，KM_1 辅助常开触点（5-7）断开而解除自锁，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转。同时，KM_1 辅助常开触点（1-23）断开，指示灯 HL_2 灭；KM_1 辅助常闭触点（1-21）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机 M_1 延时停止了。至此，完成了停止时先停止 M_2，再延时停止 M_1 的控制。

4. 起动时先起动 M_2、再延时自动起动 M_1，停止时先停止 M_1、再延时停止 M_2

起动时，按下起动按钮 SB_4，SB_4 的一组常开触点（11-13）闭合，得电延时时间继电器 KT_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合，KT_1 不延时瞬动常开触点（11-13）闭合自锁，KT_1 开始延时；KT_2 的两组失电延时断开的常开触点（3-7、15-19）均瞬时闭合，为停止时延时切断其控制电路做准备。在按下起动按钮 SB_4 的同时，SB_4 的另一组常开触点（15-17）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（17-19）闭合，与同时闭合的 KT_2 失电延时断开的常开触点（15-19）形成自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电而起动运转。同时，KM_2 辅助常闭触点（1-25）断开，指示灯 HL_3 灭；KM_2 辅助常开触点（1-27）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机 M_2 得电而起动运转了。

经得电延时时间继电器 KT_1 延时后，KT_1 的两组得电延时闭合的常开触点（3-5、15-17）均闭合，交流接触器 KM_1 线圈在 KT_1 得电延时闭合的常开触点（3-5）的作用下得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合，与早已闭合的 KT_2 失电延时断开的常开触点（3-7）形成自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 延时自动起动运转。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-21）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-23）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 也得电而起动运转了。至此，完成了起动时先起动 M_2，再延时自动起动电动机 M_1 的控制。

停止时，按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（9-11）断开，切断得电延时时间继电器 KT_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈电源，KT_1、KT_2 线圈均断电释放，KT_2 开始延时；KT_1 的两组得电延时闭合的常开触点（3-5、15-17）均断开，为停止 KM_1、KM_2 做准备。在按下停止按钮 SB_1 的同时，SB_1 的另一组常闭触点（1-3）也断开，切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 辅助常开触点（5-7）断开而解除自锁，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转。同时，KM_1 辅助常开触点（1-23）断开，指示灯 HL_2 灭；

KM_1 辅助常闭触点（1-21）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机 M_1 停止运转了。

经 KT_2 延时后，KT_2 的两组失电延时断开的常开触点（3-7、15-19）断开。因交流接触器 KM_1 线圈早已断电释放，所以 KM_1 线圈自锁回路中的 KT_2 失电延时断开的常开触点（3-7）已失去作用。于是，KT_2 失电延时断开的常开触点（15-19）断开，KM_2 线圈断电释放，KM_2 辅助常开触点（17-19）断开而解除自锁，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电而停止运转。同时，KM_2 辅助常开触点（1-27）断开，指示灯 HL_4 灭；KM_2 辅助常闭触点（1-25）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 延时自动停止了。至此，完成了停止时先停止 M_1，再延时停止 M_2 的控制。

★电路 125　两台电动机任意一台先开先停，另一台后开后停的顺序控制电路

电路如图 3-44 所示。合上断路器 QF_1、QF_2、QF_3、QF_4，指示灯 HL_1、HL_3 亮，说明两台电动机 M_1、M_2 均处于停止状态且电源正常。

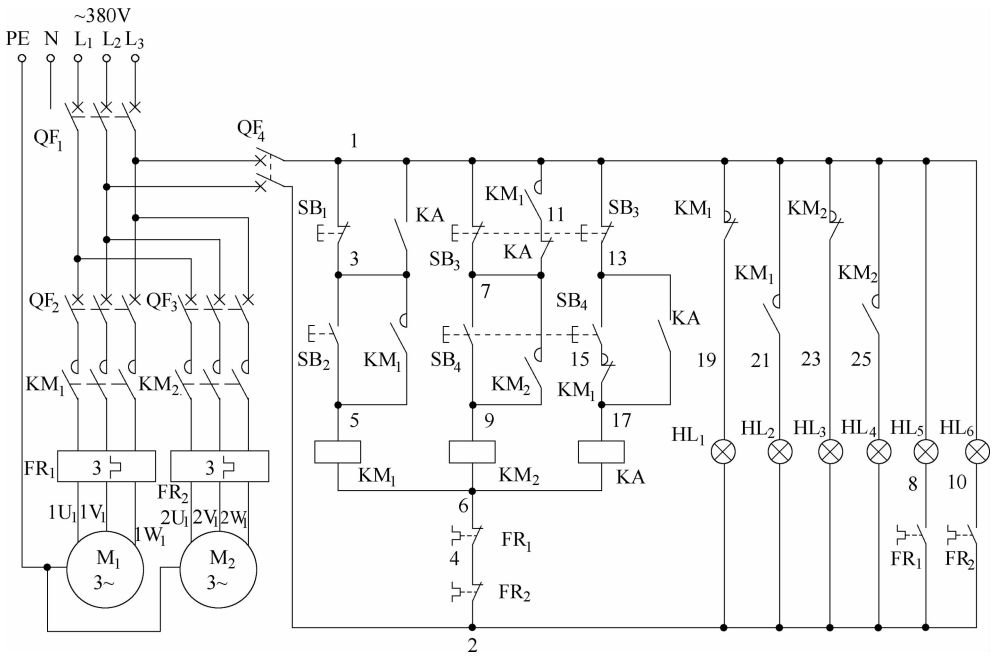


图 3-44　两台电动机任意一台先开先停，另一台后开后停的顺序控制电路

电动机 M_2 先起动时按下第二台电动机 M_2 起动按钮 SB_4，SB_4 的一组常开触点（13-15）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点（13-17）闭合

自锁；KA 常闭触点（7-11）断开，切断 KM_1 辅助常开触点（1-11）闭合后对第二台电动机 M_2 的停止按钮 SB_3（1-7）的操作限制；KA 常开触点（1-3）闭合，将第一台电动机 M_1 的停止按钮 SB_1（1-3）短接，限制其停止操作；在按下第二台电动机 M_2 起动按钮 SB_4 的同时，SB_4 的另一组常开触点（7-9）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 起动运转。同时，KM_2 辅助常闭触点（1-23）断开，指示灯 HL_3 灭；KM_2 辅助常开触点（1-25）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机 M_2 起动运转了。此时，若想停止电动机 M_2，直接按动停止按钮 SB_3 即可。

当第二台电动机 M_2 起动运转后，若需再起动电动机 M_1，则按下第一台电动机 M_1 起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 便得电而起动运转。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-19）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-21）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明第一台电动机 M_1 也起动运转了。

由于第一台电动机 M_1 的停止按钮 SB_1（1-3）两端并联了中间继电器 KA 已闭合的常开触点（1-3），停止按钮 SB_1（1-3）受到限制而无法操作，所以必须待第二台电动机 M_2 的停止按钮 SB_3 被按下后中间继电器 KA 常开触点（1-3）（处于闭合状态）解除后，方可进行对第一台电动机 M_1 的停止操作。

按下先起动的第二台电动机 M_2 的停止按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（1-7）断开，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，第二台电动机 M_2 失电而停止运转。同时，KM_2 辅助常开触点（1-25）断开，指示灯 HL_4 灭；KM_2 辅助常闭触点（1-23）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明第二台电动机 M_2 停止运转了，从而完成先开先停控制。在按下停止按钮 SB_3 的同时，SB_3 的另一组常闭触点（1-13）断开，切断中间继电器 KA 线圈电源，KA 线圈断电释放，KA 所有触点恢复原始状态，KA 常开触点（1-3）断开，解除对第一台电动机 M_1 停止按钮 SB_1（1-3）的限制，允许其进行停止操作。

当 KA 常开触点（1-3）断开后，按下第一台电动机 M_1 停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，第一台电动机 M_1 即失电而停止运转了。同时，KM_1 辅助常开触点（1-21）断开，指示灯 HL_2 灭；KM_1 辅助常闭触点（1-19）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明第一台电动机 M_1 也停止运转了，从而完成后开后停控制。

电动机 M_1 先起动时，按下第一台电动机 M_1 起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 得电而起动运转；串联在中间继电器 KA 线圈回路中的 KM_1 辅助常闭触点（15-17）断开，使中间继电器 KA 线圈不能得电工作，并联在第二台电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7）上的 KM_1 辅助常开触点（1-11）闭合，

与中间继电器 KA 常闭触点（7-11）共同将 SB_3（1-7）短接，使 SB_3（1-7）失去操作功能。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-19）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-21）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明第一台电动机 M_1 起动运转了。此时，也可以对电动机 M_1 进行停止操作。

当第一台电动机 M_1 起动运转后，若需再起动电动机 M_2，则按下第二台电动机 M_2 起动按钮 SB_4，虽然 SB_4 的一组常开触点（13-15）闭合，但由于交流接触器 KM_1 辅助常闭触点（15-17）早已断开，使中间继电器 KA 线圈回路不能得电吸合，所以 KA 线圈回路失效；SB_4 的另一组常开触点（7-9）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 也得电而起动运转。同时，KM_2 辅助常闭触点（1-23）断开，指示灯 HL_3 灭；KM_2 辅助常开触点（1-25）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明第二台电动机 M_2 也得电而起动运转了。由于第二台电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7）两端被 KM_1（1-11）与 KA（7-11）短接，使 SB_3（1-7）停止按钮受到操作限制，所以必须待第一台电动机 M_1 停止后，其控制交流接触器 KM_1 线圈断电释放，其 KM_1 辅助常开触点（1-11）断开，SB_3（1-7）短接才被解除，允许其进行停止操作。

按下第一台电动机停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，第一台电动机 M_1 失电而停止运转；KM_1 辅助常开触点（1-11）断开，解除对第二台电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7）的限制；KM_1 辅助常闭触点（15-17）闭合，为选择第二台电动机 M_2 先起动做准备。同时，KM_1 辅助常开触点（1-21）断开，指示灯 HL_2 灭；KM_1 辅助常闭触点（1-19）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明第一台电动机 M_1 停止运转了。

当 KM_1 辅助常开触点（1-11）断开后，可对第二台电动机 M_2 进行停止操作。此时，按下第二台电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，第二台电动机 M_2 失电而停止运转。同时，KM_2 辅助常开触点（1-25）断开，指示灯 HL_4 灭；KM_2 辅助常闭触点（1-23）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明第二台电动机 M_2 也停止运转了，从而完成先开先停的控制。

★电路 126　用一只得电延时时间继电器控制两台电动机从前向后顺序自动起动、从前向后顺序自动停止电路

电路如图 3-45 所示。合上主回路断路器 QF_1、QF_2 和控制回路断路器 QF_3，电路处于热备机状态。

1. 从前向后顺序自动起动

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（1-11）闭合，交流接触器 KM_1 线

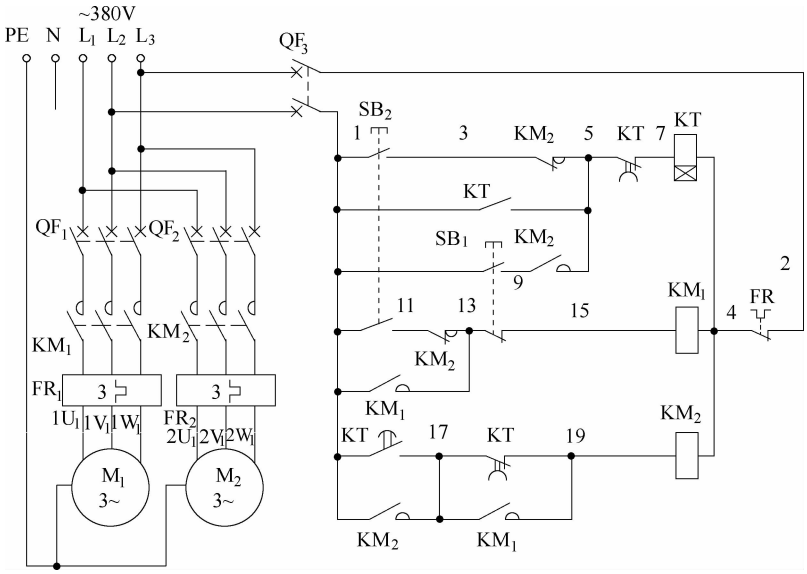


图 3-45　用一只得电延时时间继电器控制两台电动机从前向后顺序自动起动、从前向后顺序自动停止电路

圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（1-13）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电而起动运转；并联在得电延时断开的常闭触点（17-19）两端的 KM_1 辅助常开触点（17-19）闭合，为延时接触或延时断开 KM_2 线圈做准备。在按下起动按钮 SB_2 的同时，SB_2 的另一组常开触点（1-3）闭合，得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（1-5）闭合自锁，KT 开始延时。

经 KT 延时后，KT 得电延时断开的两组常闭触点（5-7、17-19）均断开，KT 线圈断电释放；KT 得电延时闭合的常开触点（1-17）闭合，闭合后又立即断开，接通交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（1-17）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 也得电而起动运转。与此同时，KM_2 的两组辅助常闭触点（3-5、11-13）断开，KM_2 辅助常开触点（5-9）闭合，为停止时从前向后顺序停止做准备。

至此，完成了从前向后顺序自动起动的控制。

2. 从前向后顺序自动停止

按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（13-15）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转；KM_1 并联在 KT 得电延时断开的常闭触点（17-19）两端的辅助常开触

点（17-19）断开，为自动停止 KM_2 线圈做准备。在按下停止按钮 SB_1 的同时，SB_1 的另一组常开触点（1-9）闭合，得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（1-5）闭合自锁，KT 开始延时。

经 KT 延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（5-7）断开，切断 KT 线圈自身电源，KT 线圈断电释放；KT 得电延时断开的常闭触点（17-19）断开，切断交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 也失电而停止运转。

至此，完成了从前向后顺序自动停止的控制。

★电路 127　用一只失电延时时间继电器控制两台电动机从前向后顺序自动起动、从后向前顺序自动停止电路（一）

本例仅用一只失电延时时间继电器控制两台电动机从前向后顺序自动起动、从后向前顺序自动停止，电路如图 3-46 所示。

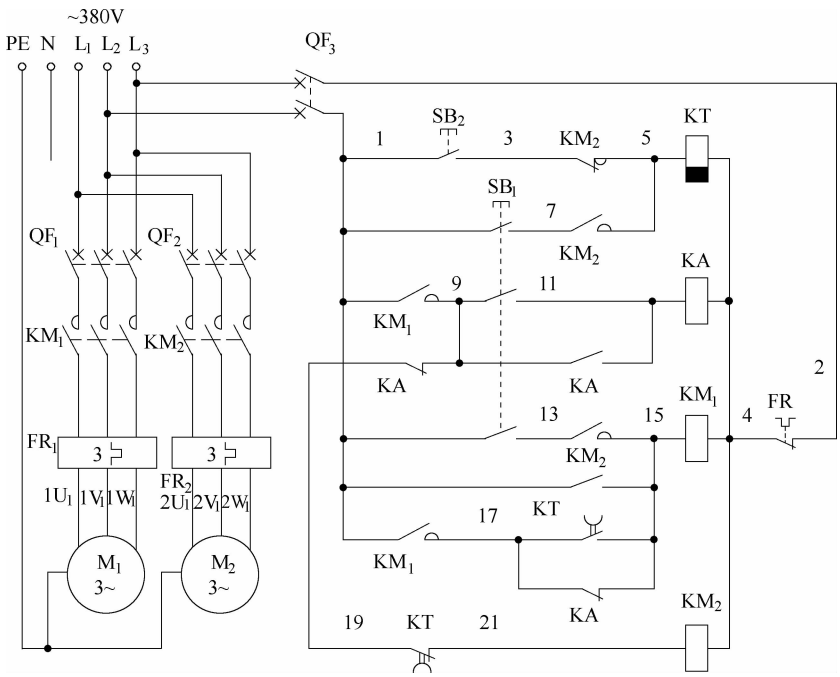


图 3-46　用一只失电延时时间继电器控制两台电动机从前向后顺序自动起动、从后向前顺序自动停止电路（一）

本电路巧妙之处是采用一只失电延时时间继电器 KT 来完成顺序控制的。也就是说，无论起动还是停止操作，都会瞬时接通失电延时时间继电器线圈电源，使

其线圈通电后又立即断电释放并开始延时，利用 KT 的延时控制触点来完成转换。

1. 从前向后顺序自动起动

按下起动按钮 SB_2（1-3），失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 失电延时闭合的常闭触点（19-21）瞬时断开，切断第二台电动机 M_2 控制交流接触器 KM_2 电源，使 KM_2 线圈不能得电；KT 瞬动常开触点（1-15）闭合，KT 失电延时断开的常开触点（17-15）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（1-17）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 得电运转；串联在中间继电器 KA 线圈回路中的 KM_1 辅助常开触点（1-9）闭合，为停止时接通 KA 做准备。

松开起动按钮 SB_2（1-3），失电延时时间继电器 KT_1 线圈断电释放，KT 瞬动常开触点（1-15）断开。经 KT 延时后，KT 失电延时闭合的常闭触点（19-21）闭合，接通第二台电动机 M_2 控制交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常闭触点（3-5）断开，KM_2 的两组辅助常开触点（5-7、13-15）闭合，KM_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 也得电起动运转。

至此，完成了两台电动机从前向后顺序自动起动运转的控制。

2. 从后向前顺序自动停止

按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常开触点（1-7）闭合，KT 失电延时时间继电器线圈在 KM_2 辅助常开触点（5-7）（早已闭合）的作用下重新得电吸合，KT 失电延时闭合的常闭触点（19-21）立即断开，切断第二台电动机 M_2 的控制交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，第二台电动机 M_2 失电而停止运转；SB_1 的另一组常开触点（9-11）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点（9-11）闭合自锁，并联在 KT 失电延时断开的常开触点（15-17）上的 KA 常闭触点（15-17）断开，为 KT 失电延时断开 KM_1 线圈做准备。

松开停止按钮 SB_1，KT 线圈断电释放，KT 开始延时，经 KT 延时后，KT 失电延时断开的常开触点（15-17）断开，切断第一台电动机的控制交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，第一台电动机 M_1 失电而停止运转。在 KM_1 线圈失电的同时，KM_1 辅助常开触点（1-9）断开，使中间继电器 KA 线圈断电释放而停止工作。

至此，完成了两台电动机从后向前顺序自动停止运转的控制。

★电路 128　用一只失电延时时间继电器控制两台电动机从前向后顺序自动起动、从后向前顺序自动停止电路（二）

电路如图 3-47 所示。合上主回路断路器 QF_1、QF_2 和控制回路断路器 QF_3，指示灯 HL_1、HL_3 亮，说明电源正常。

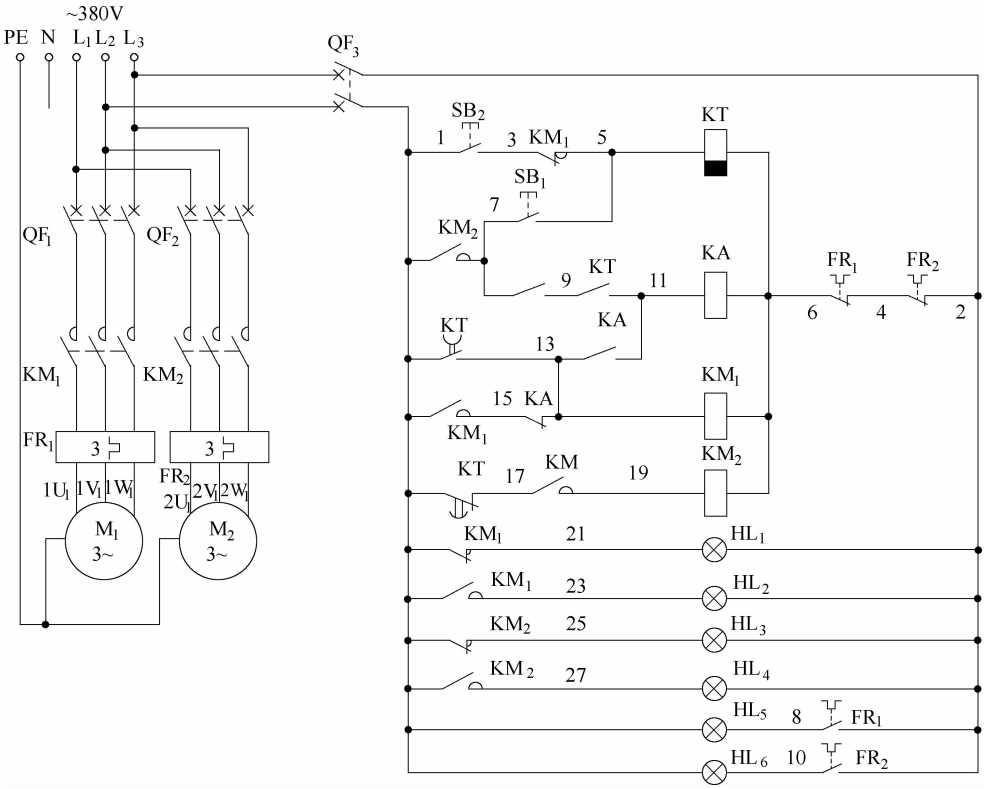


图 3-47　用一只失电延时时间继电器控制两台电动机从前向后顺序自动起动、从后向前顺序自动停止电路（二）

1. 从前向后顺序起动过程

按下起动按钮 SB_2（1-3），失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 失电延时闭合的常闭触点（1-17）瞬时断开，在交流接触器 KM_1 线圈未吸合前断开交流接触器 KM_2 线圈电源，为以后延时自动接通 KM_2 线圈做准备；KT 失电延时断开的常开触点（1-13）瞬时闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（1-15）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电而起动运转。在 KM_1 线圈得电吸合的同时，KM_1 辅助常闭触点（3-5）断开，切断 KT 线圈电源，KT 线圈失电并开始延时；KM_1 辅助常开触点（17-19）闭合，为以后接通交流接触器 KM_2 线圈做准备。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-21）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-23）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转了。需说明的一点是，在按动 SB_2、KT 线圈得电吸合的同时，KT 失电不延时瞬动常开触点（9-11）虽然闭合但不起作用，此触点只有在按下按钮 SB_1 时才会起作用。

经 KT 延时后，KT 失电延时断开的常开触点（1-13）断开，已对 KM_1 线圈完成起动控制，恢复原始状态；KT 失电延时闭合的常闭触点（1-17）闭合，接通 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电而起动运转；KM_2 辅助常开触点（1-7）闭合，为停止时做准备。同时，KM_2 辅助常闭触点（1-25）断开，指示灯 HL_3 灭；KM_2 辅助常开触点（1-27）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机 M_2 经 KT 延时后也自动起动运转了。

至此，完成了起动时从前向后顺序自动起动的控制。

2. 从后向前自动停止控制

按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常开触点（5-7）闭合，接通了失电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈得电吸合，KT 失电延时闭合的常闭触点（1-17）立即断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电先停止运转。同时，KM_2 辅助常开触点（1-27）断开，指示灯 HL_4 灭，KM_2 辅助常闭触点（1-25）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 先停止运转了。在 SB_1 按下的同时，SB_1 的另一组常开触点（7-9）闭合，与已闭合的 KT 不延时瞬动常开触点（9-11），接通中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 常开触点（11-13）闭合，与 KT 失电延时断开的常开触点（1-13）闭合共同组成自锁，KA 常闭触点（13-15）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈回路的另一条通路的自锁回路，为延时切除 KM_1 线圈提供可靠控制。

松开停止按钮 SB_1，KT 线圈断电释放，KT 开始延时。经 KT 延时后，KT 失电延时断开的常开触点（1-13）断开，切断了中间继电器 KA 及交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KA、KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 后失电停止运转。同时 KM_1 辅助常开触点（1-23）断开，指示灯 HL_2 灭，KM_1 辅助常闭触点(1-21)闭合,指示灯 HL_1 亮,说明电动机 M_1 后自动延时停止运转了。

★电路 129　三台电动机手动任意起动，停止时必须从前向后顺序停止控制电路

本电路的特点是，起动时可以不分先后顺序任意起动某一台电动机，而停止时必须按顺序从前向后逐台手动停止。

电路如图 3-48 所示。合上断路器 QF_1、QF_2、QF_3、QF_4、QF_5，指示灯 HL_1、HL_3、HL_5 亮，说明电源正常且三台电动机都处于停止状态。

1. 起动

三台电动机控制电路在起动时无任何关系。

按动起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电而起动运转。

按动起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电而起动运转。

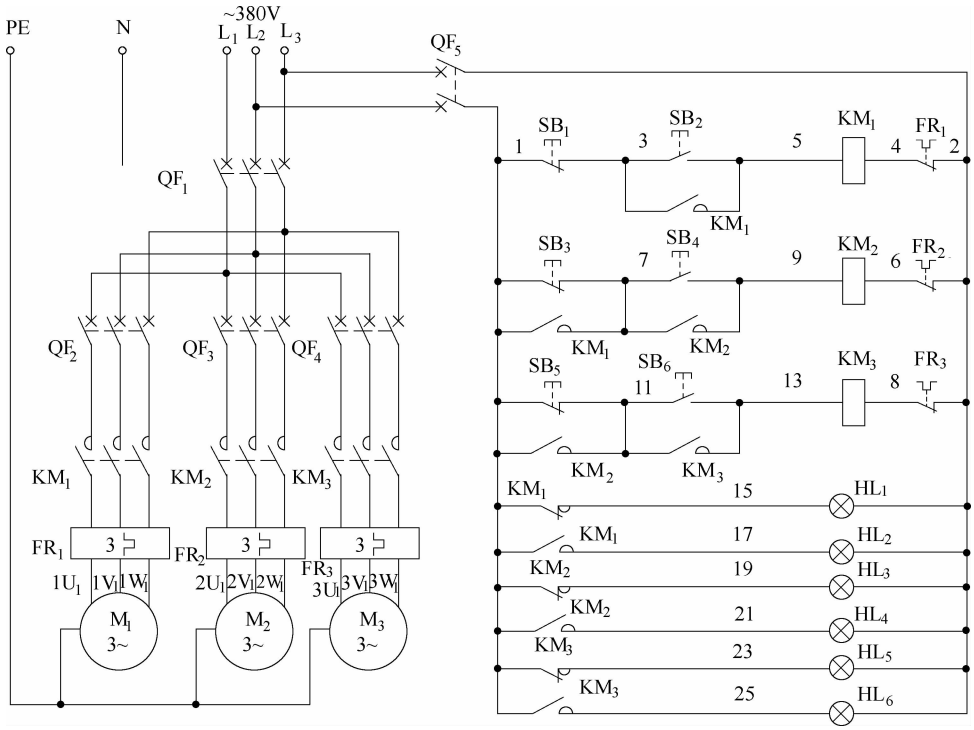


图 3-48　三台电动机手动任意起动，停止时必须从前向后顺序停止控制电路

按动起动按钮 SB_6（11-13），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（11-13）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 得电而起动运转。

在三台电动机分别起动时，相应的指示灯应点亮，以指示电路的工作状态。

2. 停止

当三台电动机全部起动后，如需停止，则必须从前向后按顺序进行，否则无法操作。为什么呢？因为第二台电动机 M_2 的停止按钮 SB_3（1-7）上并联了第一台电动机 M_1 控制交流接触器 KM_1 的辅助常开触点（1-7），若 KM_1 常开触点已处于闭合状态，则停止按钮 SB_3（1-7）被短接，无法断开其控制电路。所以，必须先断开第一台电动机，使 KM_1 辅助常开触点（1-7）断开，才能按下 SB_3（1-7）停止电动机 M_2 了。而第三台电动机 M_3 的停止按钮 SB_5（1-11）上并联了第二台电动机 M_2 控制交流接触器 KM_2 的辅助常开触点（1-11），若 KM_2 常开触点已处于闭合状态，则停止按钮 SB_5（1-11）也被短接，无法断开其控制电路。所以，必须先断开第二台电动机，使 KM_2 辅助常开触点（1-11）断开，才能按下 SB_5（1-11）来停止电动机 M_3。具体停止控制原理如下。

当三台电动机起动完毕后，若需停止，则先按下第三台电动机停止按钮 SB_1

(1-3)，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转；并联在第二台电动机停止按钮 SB_3（1-7）两端的 KM_1 辅助常开触点（1-7）断开，为停止第二台电动机时操作 SB_3（1-7）做好准备。与此同时，指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明第一台电动机停止运转了。

当第一台电动机停止运转后，按下第二台电动机停止按钮 SB_3（1-7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电而停止运转；并联在第三台电动机停止按钮 SB_5（1-11）两端的 KM_2 辅助常开触点（1-11）断开，为停止第三台电动机时操作 SB_5（1-11）做准备。与此同时，指示灯 HL_4 灭、HL_3 亮，说明第二台电动机也停止运转了。

当第二台电动机停止运转后，按下第三台电动机停止按钮 SB_5(1-11)，交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 失电而停止运转。

同时，指示灯 HL_6 灭、HL_5 亮，说明第三台电动机也停止运转了。

★电路 130　三台电动机任意起动，停止时必须从后向前顺序停止控制电路

本电路在起动时可任意起动某一台，而停止时则必须从后向前顺序逐台手动停止。

电路如图 3-49 所示。合上主回路断路器 QF_1、QF_2、QF_3、QF_4 和控制回路断路器 QF_5，指示灯 HL_1、HL_3、HL_5 亮，说明电动机 M_1、M_2、M_3 已停止运转且电源正常。

1. 起动

欲起动电动机 M_1 时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电而起动运转。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-15）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-17）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 已起动运转了。

欲起动电动机 M_2 时，按下起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电而起动运转。同时，KM_2 辅助常闭触点（1-19）断开，指示灯 HL_3 灭；KM_2 辅助常开触点（1-21）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机 M_2 已起动运转了。KM_2 线圈得电吸合后，并联在停止按钮 SB_1（1-3）两端的 KM_2 辅助常开触点（1-3）闭合，限制 SB_1（1-3）操作。

欲起动电动机 M_3 时，按下起动按钮 SB_6（11-13），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（11-13）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 得电而起动运转。同时，KM_3 辅助常闭触点（1-23）断开，指示灯 HL_5 灭；KM_3 辅助常开触点（1-25）闭合，指示灯 HL_6 亮，说明电动机 M_3 已起动运转了。KM_3 线圈得电吸合后，分别并联在停止按钮 SB_1（1-3）、SB_3（1-7）两端的

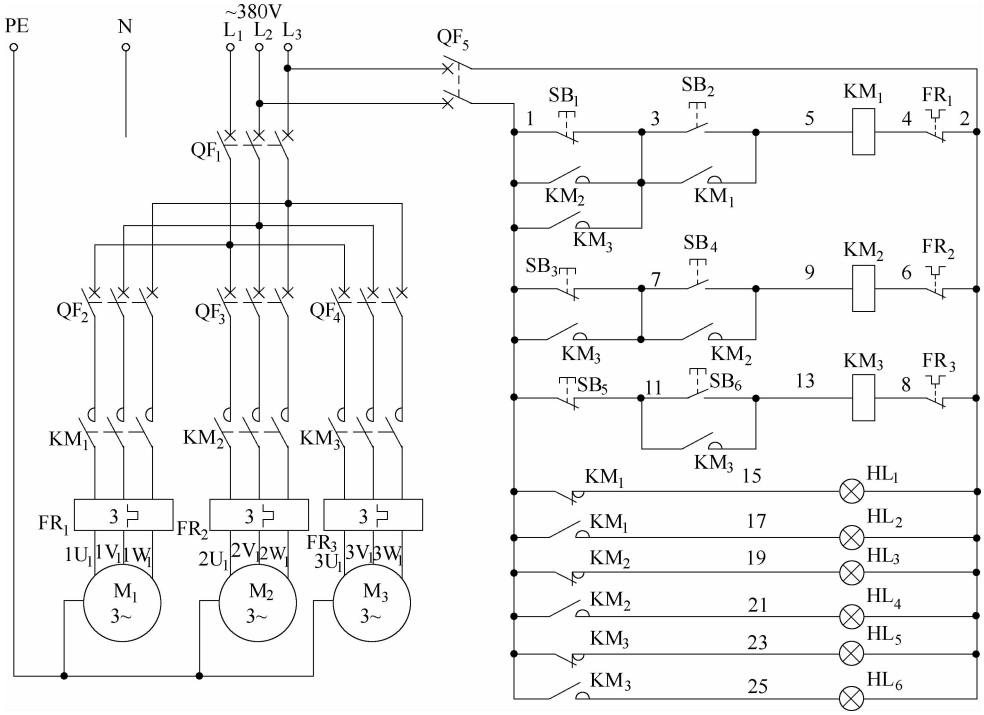


图 3-49　三台电动机任意起动，停止时必须从后向前顺序停止控制电路

KM_3 辅助常开触点（1-3、1-7）闭合，限制按钮 SB_1（1-3）、SB_3（1-7）操作。

2. 停止

由于停止按钮 SB_1、SB_3 已被短接而受到限制，所以必须从后向前顺序停止。

首先，按下电动机 M_3 停止按钮 SB_5（1-11），交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 失电而停止运转。同时，KM_3 辅助常开触点（1-25）断开，指示灯 HL_6 灭；KM_3 辅助常闭触点（1-23）闭合，指示灯 HL_5 亮，说明电动机 M_3 停止运转了。KM_3 线圈断电释放后，分别并联在停止按钮 SB_1（1-3）、SB_3（1-7）两端的 KM_3 辅助常开触点（1-3、1-7）断开，解除对停止按钮 SB_3 的操作限制，为停止电动机 M_2、M_1 做准备。

然后，按下电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1-7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电而停止运转。同时，KM_2 辅助常开触点（1-21）断开，指示灯 HL_4 灭；KM_2 辅助常闭触点（1-19）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 停止运转了。KM_2 线圈断电释放后，并联在停止按钮 SB_1（1-3）两端的 KM_2 辅助常开触点（1-3）断开，解除对停止按钮 SB_1 的操作限

制，为停止电动机 M_1 做准备。

最后，按下电动机 M_1 停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转。同时，KM_1 辅助常开触点（1-17）断开，指示灯 HL_2 灭；KM_1 辅助常闭触点（1-15）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机 M_1 停止运转了。

★电路 131　四台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止控制电路

电路如图 3-50 所示。合上主回路断路器 QF_1、QF_2、QF_3、QF_4 和控制回路断路器 QF_5，指示灯 HL_1、HL_3、HL_5、HL_7 亮，说明电源正常，电路处于热备机状态。

1. 从前向后顺序起动

起动时，只能从前向后逐台进行起动，其原因是交流接触器 KM_2 线圈的起动回路中串入了前一台交流接触器 KM_1 辅助常开触点（9-11），只有 KM_1 线圈得电吸合后，交流接触器 KM_2 线圈回路才允许起动；交流接触器 KM_3 线圈的起动回路中串入了前一台交流接触器 KM_2 辅助常开触点（15-17），只有 KM_2 线圈得电吸合，交流接触器 KM_3 线圈回路才允许起动；交流接触器 KM_4 线圈的起动回路中串入了前一台交流接触器 KM_3 辅助常开触点（21-23），只有 KM_3 线圈得电吸合后，交流接触器 KM_4 线圈回路才允许起动。具体起动过程如下。

起动时，按下第一台电动机起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电而起动运转；KM_1 辅助常开触点（9-1）闭合，为交流接触器 KM_2 线圈工作做准备。在 KM_1 线圈得电吸合的同时，KM_1 辅助常闭触点（1-25）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-27）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转了。

当第一台电动机起动完毕后，交流接触器 KM_1 辅助常开触点（9-11）闭合，允许第二台电动机进行起动。此时，按下第二台电动机起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（7-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电而起动运转；KM_2 辅助常开触点（15-17）闭合，为交流接触器 KM_3 线圈工作做准备。在 KM_2 线圈得电吸合的同时，KM_2 辅助常闭触点（1-29）断开，指示灯 HL_3 灭；KM_2 辅助常开触点（1-31）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机 M_2 起动运转了。

当第二台电动机起动完毕后，交流接触器 KM_2 辅助常开触点（15-17）闭合，允许第三台电动机起动。此时，按下第三台电动机起动按钮 SB_6（13-15），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（13-17）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 得电而起动运转；KM_3 辅助常开触点（21-23）闭合，

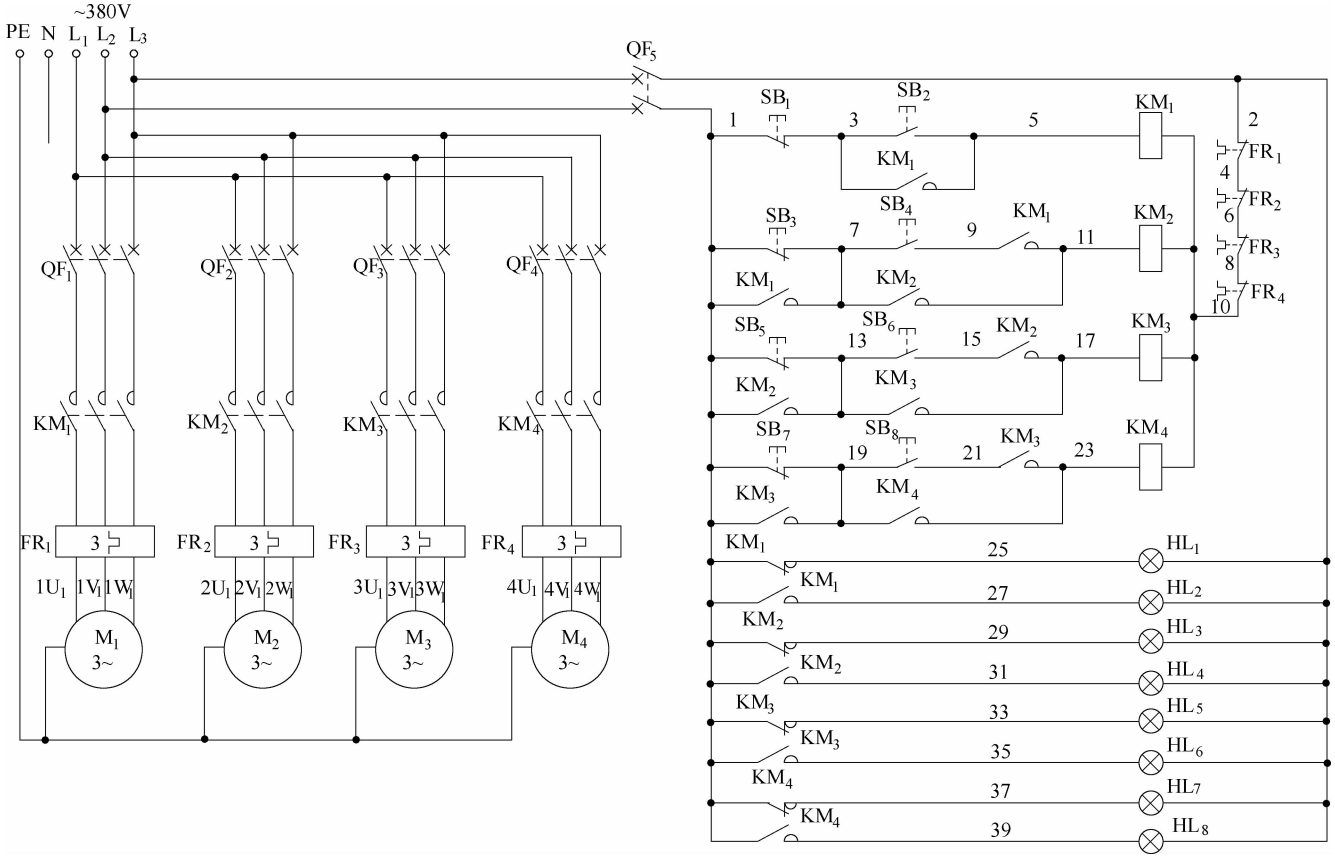


图 3-50　四台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止控制电路

为交流接触器 KM_4 线圈工作做准备。在 KM_3 线圈得电吸合的同时，KM_3 辅助常闭触点（1-33）断开，指示灯 HL_5 灭；KM_3 辅助常开触点（1-35）闭合，指示灯 HL_6 亮，说明电动机 M_3 起动运转了。

最后，按下第四台电动机起动按钮 SB_8（19-21），交流接触器 KM_4 线圈得电吸合，KM_4 辅助常开触点（19-23）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，电动机 M_4 得电而起动运转。同时，KM_4 辅助常闭触点（1-37）断开，指示灯 HL_7 灭；KM_4 辅助常开触点（1-39）闭合，指示灯 HL_8 亮，说明电动机 M_4 也起动运转了。

至此，整个从前向后顺序起动过程结束。

2. 从前向后顺序停止

当四台电动机全部按顺序从前向后逐台手动起动完毕，欲停止时，必须从前向后逐台顺序停止。在 KM_1 线圈未断电释放前（也就是未按下第一台电动机停止按钮 SB_1 前），操作第二台电动机停止按钮 SB_3（1-7）、第三台电动机停止按钮 SB_5（1-13）、第四台电动机停止按钮 SB_7（1-19）均无效。为什么呢？因为第二台电动机停止按钮 SB_3 常闭触点（1-7）上并联了第一台电动机控制交流接触器 KM_1 辅助常开触点（1-7），只有第一台电动机停止、KM_1 辅助常开触点（1-7）断开后，停止按钮 SB_3（1-7）才起作用；第三台电动机停止按钮 SB_5 常闭触点（1-13）上并联了第二台电动机控制交流接触器 KM_2 辅助常开触点（1-13），只有第二台电动机停止、KM_2 辅助常开触点（1-13）断开后，停止按钮 SB_5（1-13）才起作用；第四台电动机停止按钮 SB_7 常闭触点（1-19）上并联了第三台电动机控制交流接触器 KM_3 辅助常开触点（1-19），只有第三台电动机停止、KM_3 辅助常开触点（1-19）断开后，停止按钮 SB_7（1-19）才起作用。所以，停止只有按顺序从前向后逐一手动操作，才能使四台电动机全部停止下来，具体停止过程如下。

停止时，先按下第一台电动机停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转。同时，KM_1 辅助常开触点（1-27）断开，指示灯 HL_2 灭；KM_1 辅助常闭触点（1-25）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明第一台电动机停止运转了。

在第一台电动机停止运转后，KM_1 辅助常开触点（1-7）断开，这时，按下第二台电动机停止按钮 SB_3（1-7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电而停止运转。同时，KM_2 辅助常开触点（1-31）断开，指示灯 HL_4 灭；KM_2 辅助常闭触点（1-29）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明第二台电动机停止运转了。

在第二台电动机停止运转后，KM_2 辅助常开触点（1-13）断开。这时，按下第三台电动机停止按钮 SB_5（1-13），交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三

相主触点断开，电动机 M_3 失电而停止运转。同时，KM_3 辅助常开触点（1-35）断开，指示灯 HL_6 灭；KM_3 辅助常闭触点（1-33）闭合，指示灯 HL_5 亮，说明第三台电动机停止运转。

在第三台电动机停止运转后，KM_3 辅助常开触点（1-19）断开。这时，按下最后一台电动机停止按钮 SB_7（1-19），交流接触器 KM_4 线圈断电释放，KM_4 三相主触点断开，电动机 M_4 失电而停止运转。同时，KM_4 辅助常开触点（1-39）断开，指示灯 HL_8 灭；KM_4 辅助常闭触点（1-37）闭合，指示灯 HL_7 亮，说明第四台电动机也停止运转了。

至此，整个从前向后顺序停止过程结束。

★电路 132　四台电动机顺序自动起动、逆序自动停止电路

电路如图 3-51 所示。其中，得电延时时间继电器 KT_1、KT_2、KT_3 的延时时间分别为 5s、10s、15s；失电延时时间继电器 KT_4、KT_5、KT_6、KT_7 的延时时间分别为 5s、10s、15s、20s。

合上断路器 QF_1、QF_2、QF_3、QF_4、QF_5、QF_6，电路处于热待机状态。

1. 顺序自动起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），得电延时时间继电器 KT_1、KT_2、KT_3 和失电延时时间继电器 KT_4、KT_5、KT_6、KT_7 的线圈均得电，KT_5 不延时瞬动常开触点（3-5）闭合自锁，得电延时时间继电器 KT_1、KT_2、KT_3 开始延时；KT_4、KT_5、KT_6、KT_7 失电延时断开的常开触点（19-21、15-17、11-13、7-9）均立即闭合，为停止时延时逆序从后向前停止做准备。与此同时，KT_1 不延时瞬动常开触点（1-7）闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（1-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 得电运转。

经 KT_1 延时后（5s），KT_1 得电延时闭合的常开触点（1-11）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（1-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 得电运转。

经 KT_2 延时后（10s），KT_2 得电延时闭合的常开触点（1-15）闭合，交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（1-15）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，第三台电动机 M_3 得电运转。

经 KT_3 延时后（15s），KT_3 得电延时闭合的常开触点（1-19）闭合，交流接触器 KM_4 线圈得电吸合，KM_4 辅助常开触点（1-19）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，第四台电动机 M_4 得电运转。

至此，四台电动机按顺序从前向后逐台延时起动运转完成。四台电动机全部起动完毕后，串联在 KT_1、KT_2、KT_3 线圈回路中的 KM_4 辅助常闭触点（2-4）断开，使 KT_1、KT_2、KT_3 线圈断电释放，其所有触点都恢复原始状态。

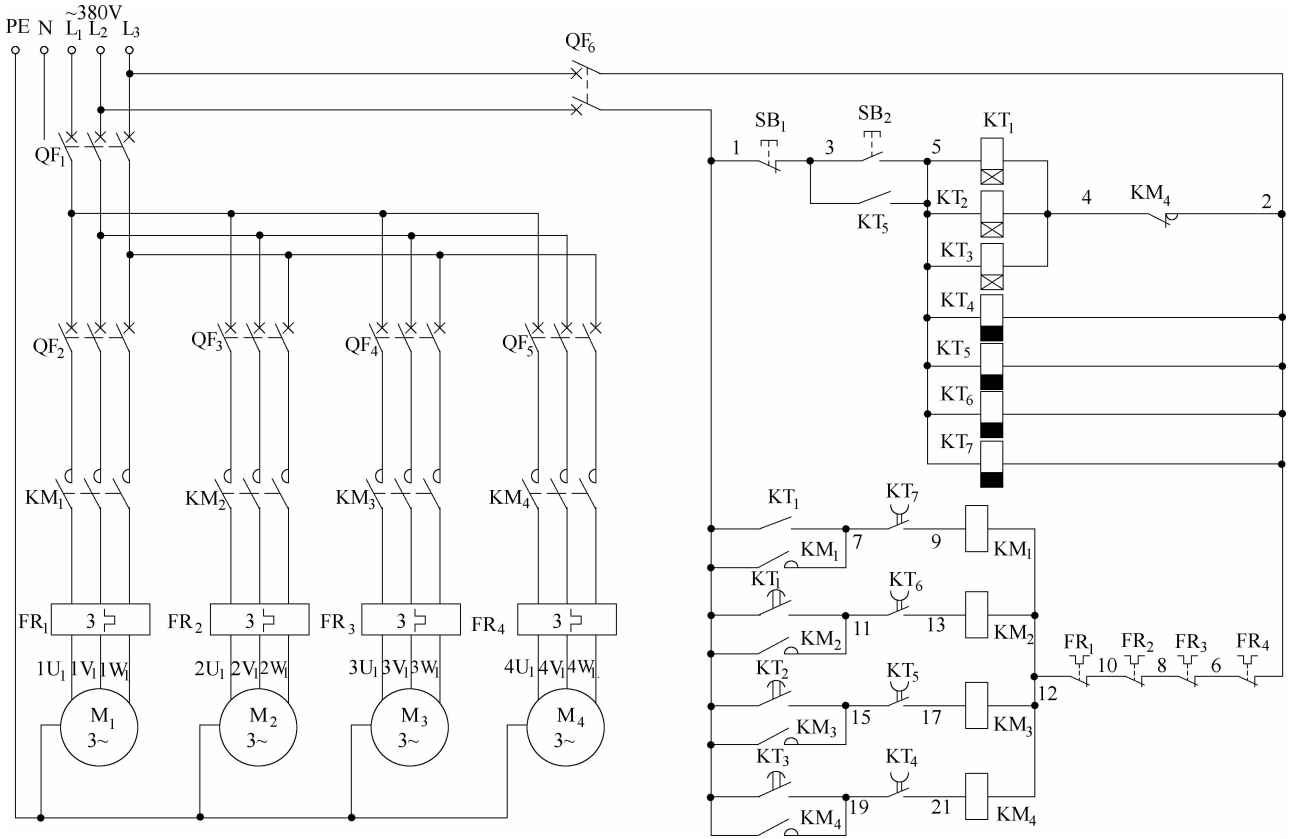


图 3-51　四台电动机顺序自动起动、逆序自动停止电路

2. 逆序自动停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），失电延时时间继电器 KT_4、KT_5、KT_6、KT_7 线圈均断电释放且 KT_4、KT_5、KT_6、KT_7 开始延时，经 KT_4 失电延时时间继电器延时后（5s），KT_4 失电延时断开的常开触点（19-21）恢复常开，将交流接触器 KM_4 线圈电源切断，KM_4 线圈断电释放，KM_4 三相主触点断开，第四台电动机 M_4 失电而停止运转。

经 KT_5 失电延时时间继电器延时后（10s），KT_5 失电延时断开的常开触点（15-17）恢复常开，将交流接触器 KM_3 线圈电源切断，KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，第三台电动机 M_3 失电而停止运转。

经 KT_6 失电延时时间继电器延时后（15s），KT_6 失电延时断开的常开触点（11-13）恢复常开，将交流接触器 KM_2 线圈电源切断，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，第二台电动机 M_2 失电而停止运转。

经 KT_7 失电延时时间继电器延时后（20s），KT_7 失电延时断开的常开触点（7-9）恢复常开，将交流接触器 KM_1 线圈电源切断，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，第一台电动机 M_1 失电而停止运转。

至此，完成了四台电动机逐台从后向前逆序自动延时停止的控制。

★电路 133　四台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止及从后向前顺序起动、从后向前顺序停止控制电路

本电路有两种控制方式。若起动时先按下第一台电动机 M_1 的起动按钮 SB_2，则起动顺序是从前向后，起动完毕后仍需按从前向后顺序停止；若起动时先按下第四台电动机 M_4 的起动按钮 SB_8，则起动顺序为从后向前，起动完毕后仍需按从后向前顺序停止。实际上，本电路就是利用中间继电器 KA 来完成顺序转换的。

电路如图 3-52 所示。合上主回路断路器 QF_1、QF_2、QF_3、QF_4 和控制回路断路器 QF_5，为电动机起动运转做准备。

1. 从前向后顺序起动

需从前向后顺序起动时，按下第一台电动机 M_1 起动按钮 SB_2（3-5）交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 起动运转；串联在 KM_2 线圈回路中的 KM_1 辅助常开触点（13-15）闭合，允许第二台电动机起动运转；加在第二台电动机停止按钮 SB_3（1-11）上的 KM_1 辅助常开触点（1-21）闭合，为限制第二台电动机停止操作准备。

其次，按下第二台电动机起动按钮 SB_4（11-13），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（11-17）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 起动运转；串联在 KM_3 线圈回路中的 KM_2 辅助常开触点（25-27）闭合，允许

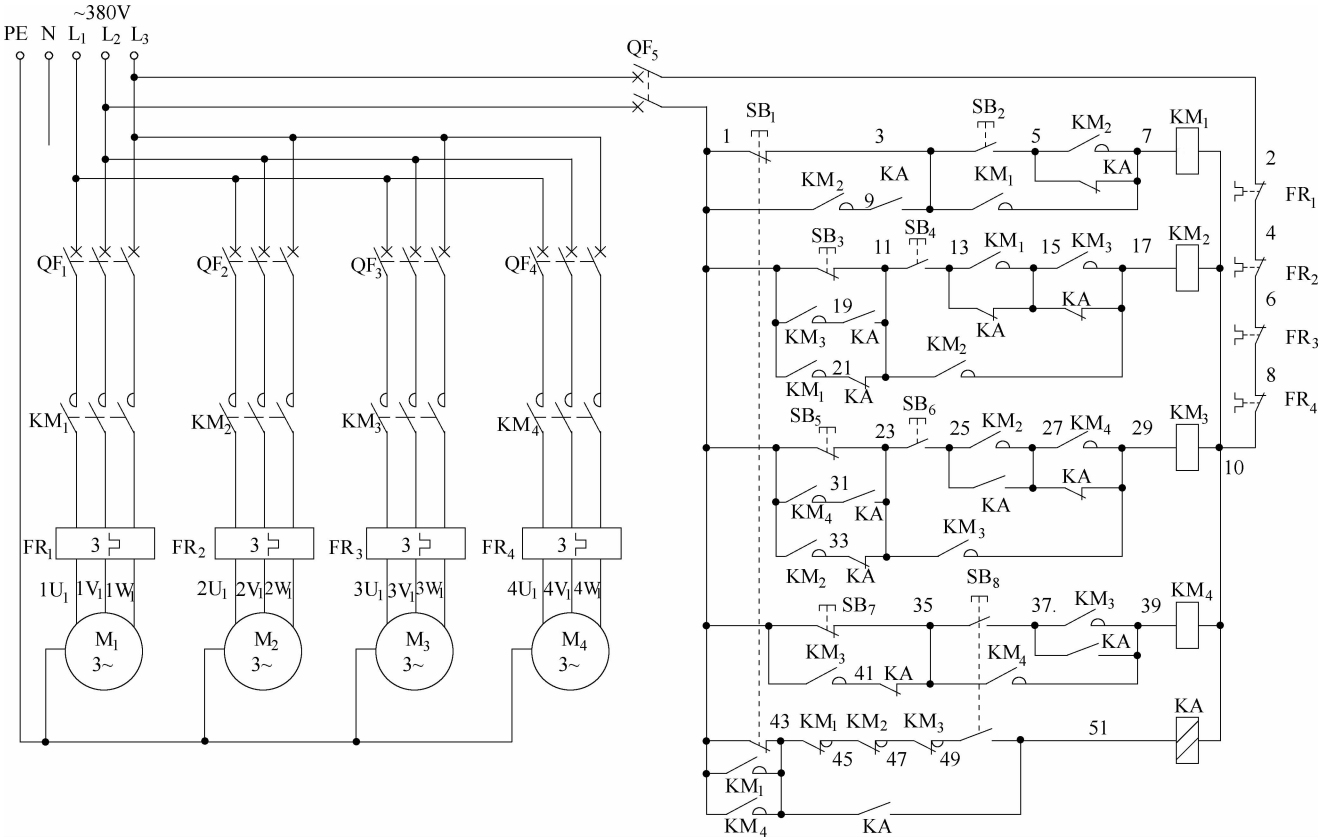


图 3-52　四台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止及从后向前顺序起动、从后向前顺序停止控制电路

第三台电动机起动运转；加在第三台电动机停止按钮 SB_5（1-23）上的 KM_2 辅助常开触点（1-33）闭合，为限制第三台电动机停止操作做准备。

接着，按下第三台电动机起动按钮 SB_6（23-25），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（23-29）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 起动运转；串联在 KM_4 线圈回路中的 KM_3 辅助常开触点（37-39）闭合，允许第四台电动机起动运转；加在第四台电动机停止按钮 SB_7（1-35）上的 KM_3 辅助常开触点（1-41）闭合，为限制第四台电动机停止操作做准备。

最后，按下第四台电动机起动按钮 SB_8，SB_8 的一组常开触点（35-37）闭合，交流接触器 KM_4 线圈得电吸合，KM_4 辅助常开触点（35-39）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，电动机 M_4 起动运转。因交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3 线圈已得电吸合，KM_1 辅助常闭触点（43-45）、KM_2 辅助常闭触点（45-47）、KM_3 辅助常闭触点（47-49）断开，所以 SB_8 按下时，其另一组常开触点（49-51）闭合无效。

至此，四台电动机完成了从前向后手动逐台顺序起动的控制。值得注意的是，在交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3 线圈得电吸合的同时，各自的辅助常闭触点断开，限制中间继电器 KA 线圈的操作。

2. 从前向后顺序停止

当四台电动机完成从前向后顺序起动后，停止时必须控制从前向后顺序停止。

首先，按下第一台电动机停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电而停止运转。KM_1 线圈断电释放后，加在第二台电动机停止按钮 SB_3（1-11）上的 KM_1 辅助常开触点（1-21）断开，允许对第二台电动机进行停止操作。

其次，按下第二台电动机停止按钮 SB_3（1-11），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电而停止运转。KM_2 线圈断电释放后，加在第三台电动机停止按钮 SB_5（1-23）上的 KM_2 辅助常开触点（1-33）断开，允许对第三台电动机进行停止操作。

接着，按下第三台电动机停止按钮 SB_5（1-23），交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 失电而停止运转。KM_3 线圈断电释放后，加在第四台电动机停止按钮 SB_7（1-35）上的 KM_3 辅助常开触点（1-41）断开，允许对第四台电动机进行停止操作。

最后，按下第四台电动机停止按钮 SB_7（1-35），交流接触器 KM_4 线圈断电释放，KM_4 三相主触点断开，电动机 M_4 失电，第四台电动机 M_4 停止运转。

至此，四台电动机完成了从前向后手动逐台顺序停止的控制。

3. 从后向前顺序起动

需从后向前顺序起动时，先按下第四台电动机 M_4 起动按钮 SB_8，SB_8 的一组常开触点（49-51）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点（43-51）闭合自锁，KA 所有常闭触点（5-7、15-17、11-21、23-33、27-29、35-41）断开，所有常开触点（3-9、11-19、13-15、23-31、25-27、37-39、43-51）闭合，为从后向前顺序起动、从后向前顺序停止做准备。在按下 SB_8 的同时，SB_8 的另一组常开触点（35-37）闭合，交流接触器 KM_4 线圈得电吸合，KM_4 辅助常开触点（35-39）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，电动机 M_4 得电而起动运转；KM_4 辅助常开触点（1-43）闭合，防止误按动 SB_1 时出现转换；KM_4 辅助常开触点（1-31）闭合，锁住 SB_5（1-23）使其失去作用；KM_4 辅助常开触点（27-29）闭合，允许 KM_3 线圈吸合条件。其次按下第三台电动机 M_3 起动按钮 SB_6（23-25），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（23-29）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 得电而起动运转；KM_3 辅助常开触点（1-19）闭合，锁住 SB_3（1-11）使其失去作用；KM_3 辅助常开触点（15-17）闭合，允许 KM_2 线圈吸合条件。

接着，按下第二台电动机 M_2 起动按钮 SB_4（11-13），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（11-17）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电而起动运转；KM_2 辅助常开触点（1-9）闭合，锁住 SB_1（1-3）使其失去作用；KM_2 辅助常开触点（5-7）闭合，允许 KM_1 线圈吸合条件。

最后，按下第一台电动机起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电而最后一个起动运转；KM_1 辅助常开触点（1-43）闭合，短按 SB_1（1-43），防止按停止按钮 SB_1 时出现转换。

至此，四台电动机完成了从后向前手动逐台顺序起动的控制。

4. 从后向前顺序停止

当四台电动机完成从后向前顺序起动后，停止时必须按从后向前顺序操作。

首先，按下第四台电动机停止按钮 SB_7（1-35），交流接触器 KM_4 线圈断电释放，KM_4 三相主触点断开，电动机 M_4 先失电而停止运转；KM_4 所有触点恢复原始状态，KM_4 辅助常开触点（1-31）断开，解除对按钮 SB_5（1-23）的操作限制，允许第三台电动机进行停止操作。

其次，按下第三台电动机停止按钮 SB_5（1-23），交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 失电而停止运转；KM_3 所有触点恢复原始状态，KM_3 辅助常开触点（1-19）断开，解除对按钮 SB_3 的操作限制，允许第二台电动机进行停止操作。

接着，按下第二台电动机停止按钮 SB_3（1-11），交流接触器 KM_2 线圈断电

释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电而停止运转；KM_2 所有触点恢复原始状态，KM_2 辅助常开触点（1-9）断开，解除对按钮 SB_1 的操作限制，允许第一台电动机进行停止操作。

最后，按下第一台电动机停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 最后一个失电而停止运转；KM_1 所有触点转态，为重新起动做准备。在按下停止按钮 SB_1 的同时，SB_1 的另一组常闭触点（1-43）断开，切断中间继电器 KA 线圈电源，KA 线圈断电释放，KA 所有触点恢复原始状态为重新选择顺序起动做准备。

至此，四台电动机完成了从后向前手动逐台顺序停止的控制。

★电路 134　六台电动机手动逐台起动控制电路

电路如图 3-53 所示。合上总主回路断路器 QF_1 和各电动机保护断路器 QF_2、QF_3、QF_4、QF_5、QF_6、QF_7 以及控制回路断路器 QF_8，电路处于热备机状态。

起动按下第一台电动机起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台电动机 M_1 起动运转。在 KM_1 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_1 点亮，说明第一台电动机 M_1 起动运转了；串联在第二台电动机起动回路中的 KM_1 辅助常开触点（3-7）闭合，为第二台电动机起动做准备。

按下第二台电动机起动按钮 SB_3（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二台电动机 M_2 起动运转。在 KM_2 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_2 点亮，说明第二台电动机 M_2 起动运转了；串联在第三台电动机起动回路中的 KM_2 辅助常开触点（3-11）闭合，为第三台电动机起动做准备。

按下第三台电动机起动按钮 SB_4（11-13），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（3-13）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，第三台电动机 M_3 起动运转。在 KM_3 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_3 点亮，说明第三台电动机 M_3 起动运转了；串联在第四台电动机起动回路中的 KM_3 辅助常开触点（3-15）闭合，为第四台电动机起动做准备。

按下第四台电动机起动按钮 SB_5（15-17），交流接触器 KM_4 线圈得电吸合，KM_4 辅助常开触点（3-17）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，第四台电动机 M_4 起动运转。在 KM_4 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_4 点亮，说明第四台电动机 M_4 起动运转了；串联在第五台电动机起动回路中的 KM_4 辅助常开触点（3-19）闭合，为第五台电动机起动做准备。

按下第五台电动机起动按钮 SB_6（19-21），交流接触器 KM_5 线圈得电吸合，

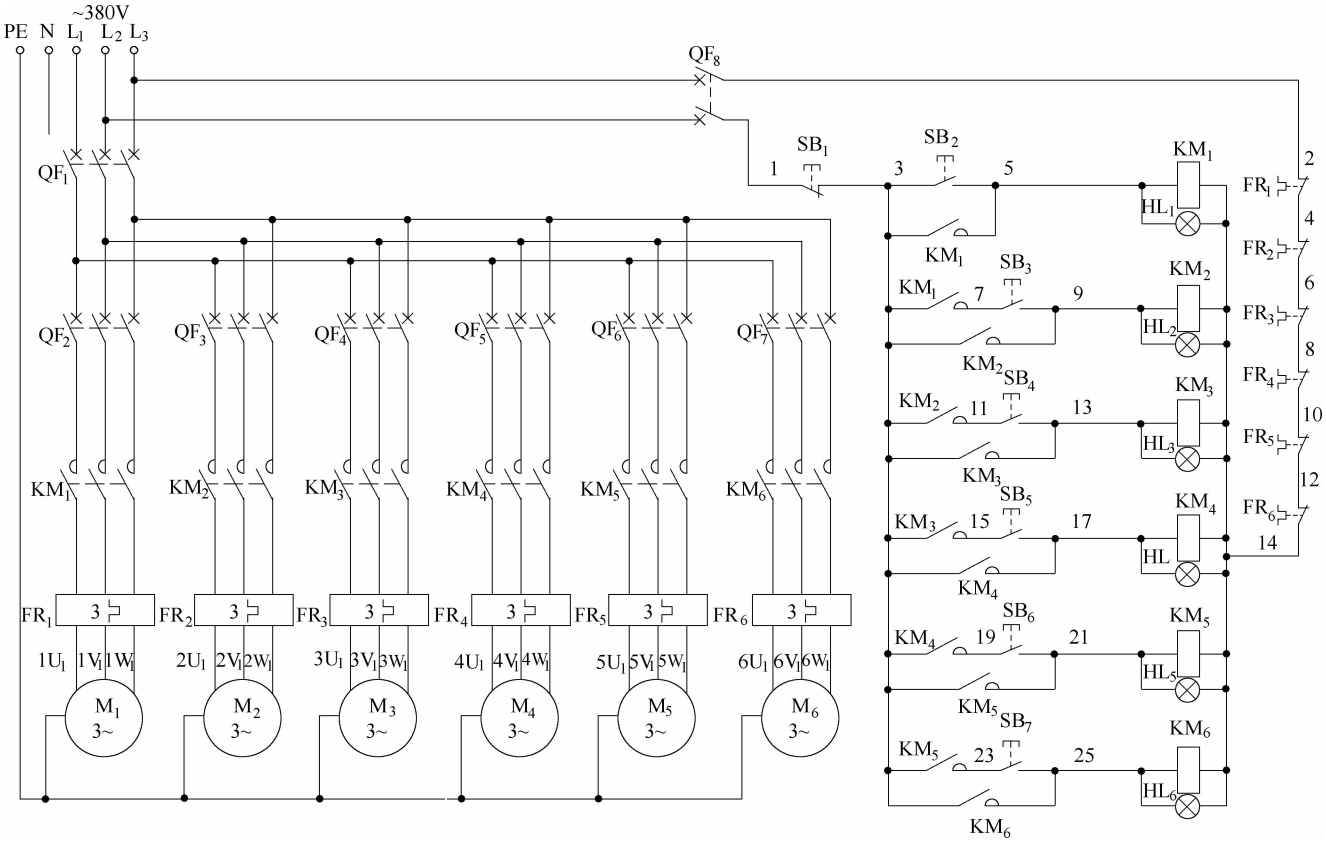


图 3-53　六台电动机手动逐台起动控制电路

KM_5 辅助常开触点（3-21）闭合自锁，KM_5 三相主触点闭合，第五台电动机 M_5 起动运转。在 KM_5 线圈得电的同时，指示灯 HL_5 点亮，说明第五台电动机 M_5 起动运转了；串联在第六台电动机起动回路中的 KM_5 辅助常开触点（3-23）闭合，为第六台电动机起动做准备。

最后，按下第六台电动机起动按钮 SB_7（23-25），交流接触器 KM_6 线圈得电吸合，KM_6 辅助常开触点（3-25）闭合自锁，KM_6 三相主触点闭合，第六台电动机 M_6 起动运转。在 KM_6 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_6 点亮，说明第六台电动机 M_6 也起动运转了。

至此，六台电动机均分别手动顺序起动完毕，起动过程结束。

按下停止按钮 SB_1（1-3），其常闭触点切断整个控制回路电源，从而使交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3、KM_4、KM_5、KM_6 线圈断电释放，其各自的三相主触点断开，电动机 M_1、M_2、M_3、M_4、M_5、M_6 断电停止运转。同时，指示灯 HL_1、HL_2、HL_3、HL_4、HL_5、HL_6 也断电熄灭。

过载保护热继电器 FR_1、FR_2、FR_3、FR_4、FR_5、FR_6 控制常闭触点（2-4、4-6、6-8、8-10、10-12、12-14）全部串联，任意一台电动机出现过载，都会切除整个控制回路电源，使六台电动机全部停止运转。

★电路 135　多台电动机单机分别起停和联机顺序手动逐台分别起动、同时停止控制电路

电路如图 3-54 所示。合上主回路断路器 QF_1、QF_2、QF_3、QF_4、QF_5 和控制回路断路器 QF_6，为电动机起动运转做准备。

1. 单机分别起动、停止

断开单机/联机转换开关 SA（1-41），中间继电器 KA 线圈不工作，KA 所有常开触点（3-9、11-17、19-25、27-33、7-13、15-21、23-29、31-37、5-35）断开，KA 所有常闭触点（1-9、3-5、1-17、11-13、1-25、19-21、1-33、27-29、35-37）闭合，为五台电动机分别单机起动、停止控制做准备。此时，五台电动机控制回路各自分别独立，可自由进行起动、停止控制。

2. 联机顺序手动逐台分别起动、同时停止

闭合单机/联机转换开关 SA（1-41），中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 所有常开触点（3-9、11-17、19-25、27-33、7-13、15-21、23-29、31-37、5-35）闭合，KA 所有常闭触点（1-9、3-5、1-17、11-13、1-25、19-21、1-33、27-29、35-37）断开，为五台电动机联机顺序手动逐台分别起动、同时停止做准备。KA 常开触点（3-9、5-35、11-17、19-25、27-33）闭合，故五只停止按钮 SB_1、SB_3、SB_5、SB_7、SB_9 串联起来，停止时按下任意一只停止按钮均可实现同时停止控制；KA 常开触点（7-13、15-21、23-29、31-37）闭合，将原来单机分别起动

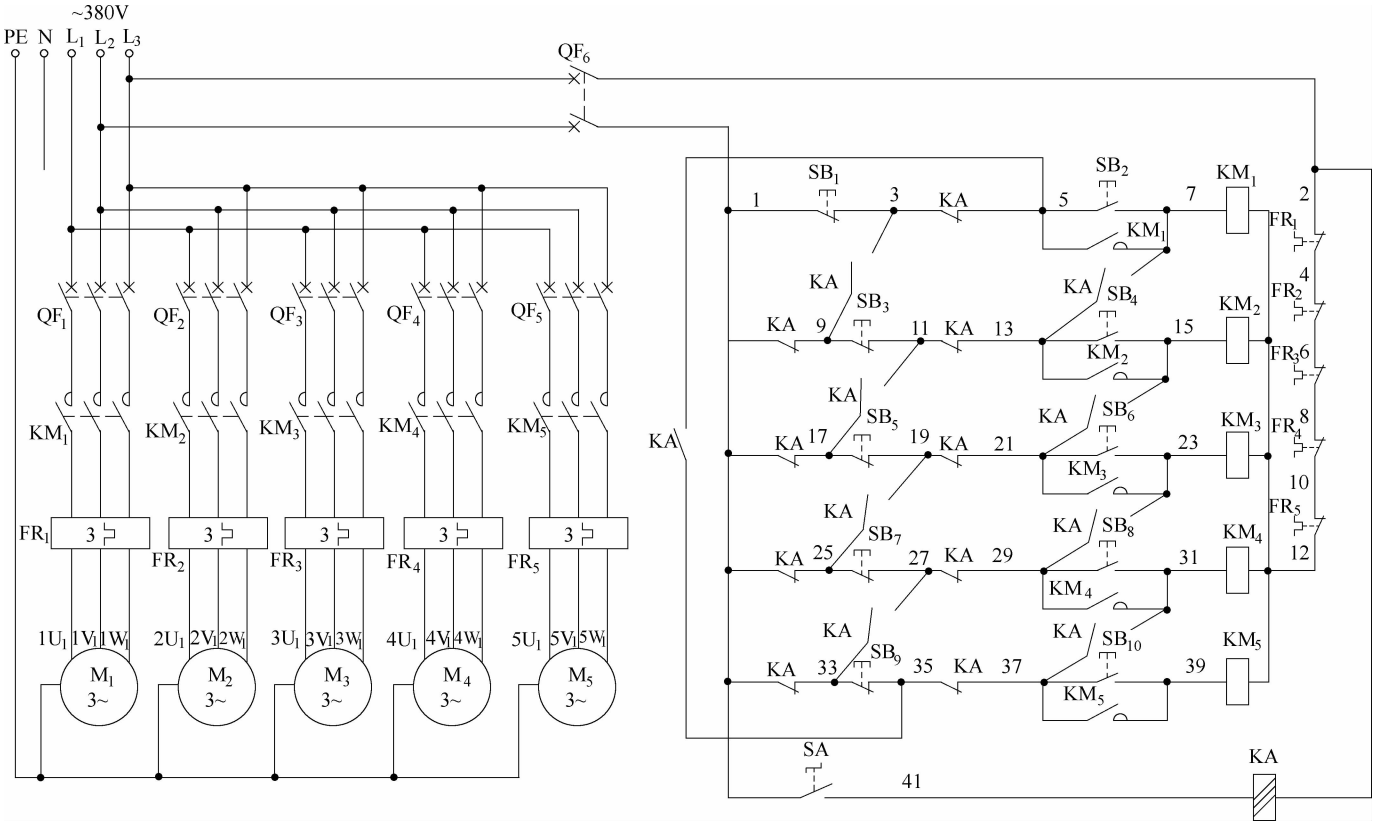


图 3-54　多台电动机单机分别起停和联机顺序手动逐台分别起动、同时停止控制电路

控制改接为从前向后逐台顺序手动起动控制。KA 所有常闭触点（1-9、1-17、1-25、1-33、3-5、11-13、19-21、27-29、35-37）断开，使电路得以重新组合。

起动时，先按下起动按钮 SB_2（5-7），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 起动运转。其次，按下起动按钮 SB_4（13-15），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（13-15）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 起动运转。再次按下起动按钮 SB_6（21-23），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（21-23）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 起动运转。接着，按下起动按钮 SB_8（29-31），交流接触器 KM_4 线圈得电吸合，KM_4 辅助常开触点（29-31）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，电动机 M_4 起动运转。最后，按下起动按钮 SB_{10}（37-39），交流接触器 KM_5 线圈得电吸合，KM_5 辅助常开触点（37-39）闭合自锁，KM_5 三相主触点闭合，电动机 M_5 起动运转。至此，完成了联机从前向后逐台手动起动的控制。

停止时，由于停止按钮 SB_1、SB_3、SB_5、SB_7、SB_9 均串联起来了，故按下任意一只停止按钮均会使整个控制电路断开，从而使交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3、KM_4、KM_5 线圈断电释放，KM_1、KM_2、KM_3、KM_4、KM_5 各自的三相主触点断开，电动机 M_1、M_2、M_3、M_4、M_5 均失电停止运转。

★电路 136　两台电动机任意起动，无论先停哪一台，另一台便自动延时停止电路

有的生产设备对起动控制没有任何要求，可任意先起动某一台；而停止时，则要求无论哪一台先停止，另一台必须自动延时停止，电路如图 3-55 所示。也就是说，假如先停止电动机 M_1，则电动机 M_2 必须延时自动停止；假如先停止电动机 M_2，则电动机 M_1 必须延时自动停止。

合上主回路断路器 QF_1、QF_2 和控制回路断路器 QF_3，指示灯 HL_1、HL_3 亮，说明电源正常且电动机 M_1、M_2 均为停止状态。

1. 起动

起动 M_1 时，按下起动按钮 SB_2，SB_2 的两组常开触点（11-13、3-5）均闭合，失电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（11-13）闭合自锁，为电动机停止时延时切断后一台电动机做准备；交流接触器 KM_1 线圈也得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）与瞬时闭合的 KT 失电延时断开的常开触点（3-7）均闭合串联组成自锁回路，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 起动运转。KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 辅助常闭触点（1-21）断开，KM_1 辅助常开触点（1-23）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机 M_1 起动运转了。

起动 M_2 时，按下起动按钮 SB_4，SB_4 的两组常开触点（11-13、15-17）均闭

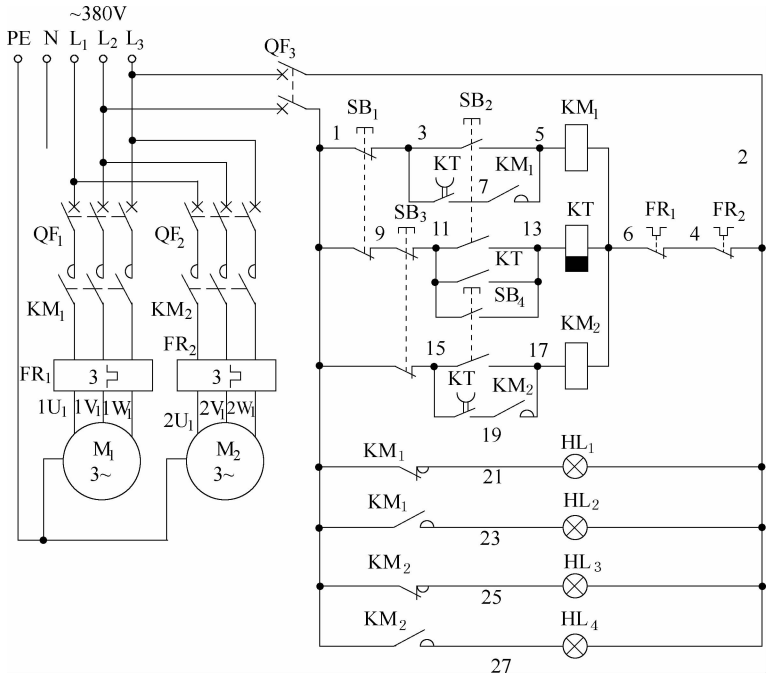


图 3-55　两台电动机任意起动，无论先停哪一台，另一台便自动延时停止电路

合。由于失电延时时间继电器 KT 线圈在起动电动机 M_1 时已得电吸合，KT 失电延时断开的常开触点（15-19）也早已闭合，故交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（17-19）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转。KM_2 线圈得电吸合后，KM_2 辅助常闭触点（1-25）断开，KM_2 辅助常开触点（1-27）闭合，指示灯 HL_3 灭、HL_4 亮，说明电动机 M_2 起动运转了。

从上述起动情况看，两台电动机在起动控制上没有任何相互关系，均为独立任意起动。

2. 停止

从电路上不难看出，KT 的两组失电延时断开的常开触点（3-7、15-19）分别接在交流接触器 KM_1、KM_2 的自锁回路中，按下任意一台电动机的停止按钮 SB_1 或 SB_2，对应交流接触器线圈就会因无自锁而断电释放。在两个独立的自锁回路中，因 KT 失电延时断开的常开触点与交流接触器自锁常开触点是串联的，所以只要先断电的交流接触器线圈一断电释放，其自身的自锁回路就解除了；而另一组交流接触器则靠 KT 失电延时断开的另一对常开触点来解除其自锁回路。

假如先停止 M_1，则按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 辅助常开自锁触点（5-7）断开，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 先停止运转。同时，KM_1 辅助常开触点（1-23）断开，指示灯 HL_2 灭；KM_1 辅助常闭触点（1-21）恢复常闭后闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机 M_1 停止运转了。在按下停止按钮 SB_1 的同时，SB_1 的另一组常闭触点（1-9）也断开，使失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放，KT 开始延时。经延时后，KT 失电延时断开的常开触点（15-19）断开，切断 KM_2 线圈的自锁回路，使 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 随后停止运转。同时，KM_2 辅助常开触点（1-27）断开，指示灯 HL_4 灭；KM_2 辅助常闭触点（1-25）恢复常闭后闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 经延时停止运转了。

注意：由于 KM_1 线圈先断电释放，其自锁回路已被切断，故串联在 KM_1 自锁回路中的 KT 失电延时断开的常开触点（3-7）失了作用。

假如先停止 M_2，则按下停止按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（1-15）断开，切断交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 辅助常开自锁触点（17-19）断开，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 先停止运转。同时，KM_2 辅助常开触点（1-27）断开，指示灯 HL_4 灭；KM_2 辅助常闭触点（1-25）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 停止运转了。在按下停止按钮 SB_3 的同时，SB_3 的另一组常闭触点（9-11）也断开，使失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放，KT 开始延时。经延时后，KT 失电延时断开的常开触点（3-7）断开，切断 KM_1 线圈的自锁回路，使 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 随后停止运转。同时，KM_1 辅助常开触点（1-23）断开，指示灯 HL_2 灭；KM_1 辅助常闭触点（1-21）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机 M_1 经延时停止运转了。

注意：由于 KM_2 线圈先断电释放，其自锁回路已被切断，故串联在 KM_2 自锁回路中的 KT 失电延时断开的常开触点（15-19）失去了作用。

四、减压起动控制电路

★电路 137　电动机串电抗器手动控制电路

为了解决容量较大的电动机起动问题，通常采用的减压起动方式很多，这里介绍采用电抗器来完成减压起动的手动控制方法（见图 4-1）。

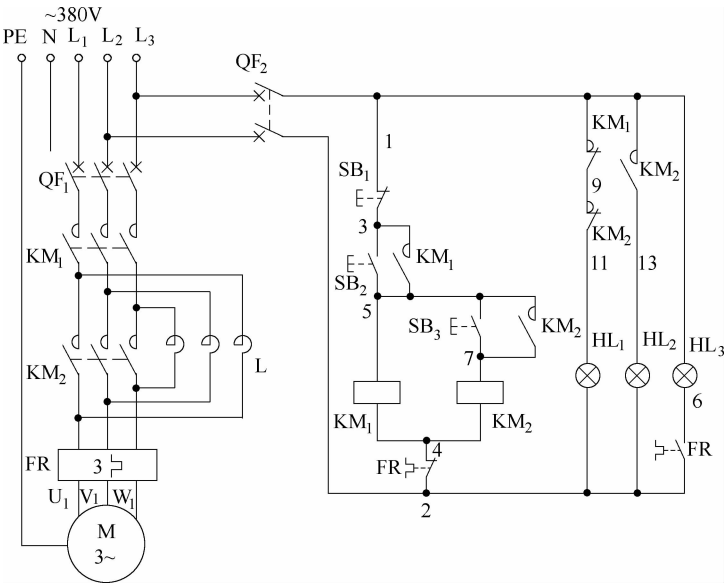


图 4-1　电动机串电抗器手动控制电路

起动时，按下手动起动按钮 SB_2（3-5），电源交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机绕组串电抗器 L 起动；同时 KM_1 辅助常闭触点（1-9）断开，指示灯 HL_1 灭，说明电动机在进行减压起动。待电动机转速逐渐升高后，再按下全压运行按钮 SB_3（5-7），短接电抗器交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，将电抗器 L 短接了起来，此时电动机得以全压正常运行，同时，KM_2 辅助常开触点（1-13）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已正常投入运行了。从而完成了手动起动过程。

停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、KM_2 线圈断电释放，其各自三相主触点均断开，电动机脱离电源而停止工作，同时指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机已停止运转了。

★电路 138　手动串联电阻起动控制电路（一）

手动串联电阻起动控制电路（一）如图 4-2 所示。

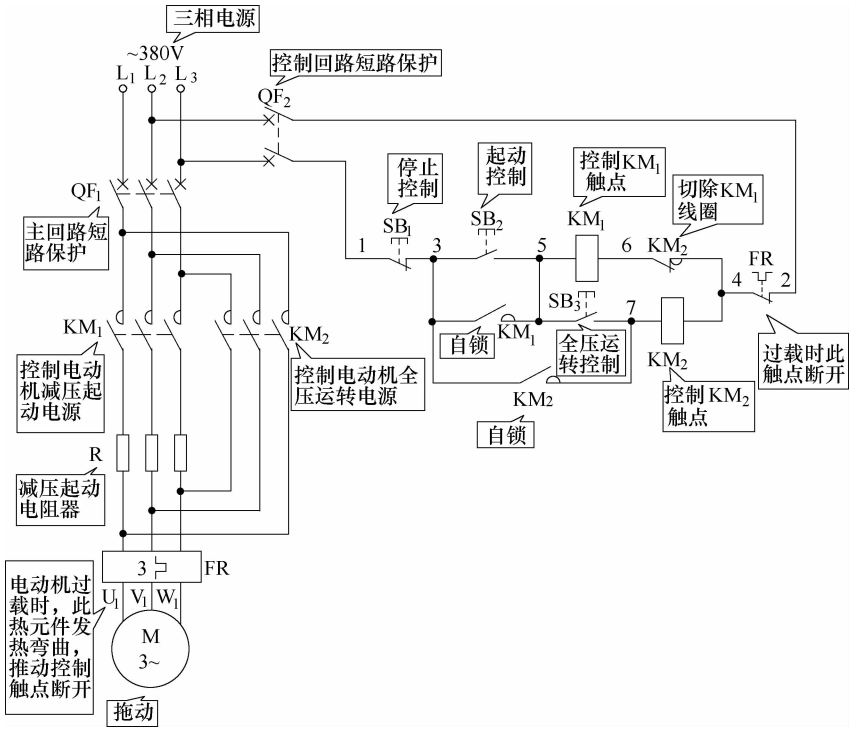


图 4-2　手动串联电阻起动控制电路（一）

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

串联电阻器减压起动时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机串电阻器 R 减压起动；随着电动机转速的逐渐提高，可按下全压运转按钮 SB_3（5-7），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得以 380V 三相电源而全压运转；在 KM_2 线圈得电吸合

的同时，KM_2 串联在交流接触器 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（4-6）断开，使 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，KM_1 退出运行，从而使电动机在完成减压起动后仅靠交流接触器 KM_2 来实现全压运转，节省了一只交流接触器 KM_1 线圈所消耗的电能。

停止时则按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

★电路 139　手动串联电阻起动控制电路（二）

手动串联电阻起动控制电路（二）如图 4-3 所示。

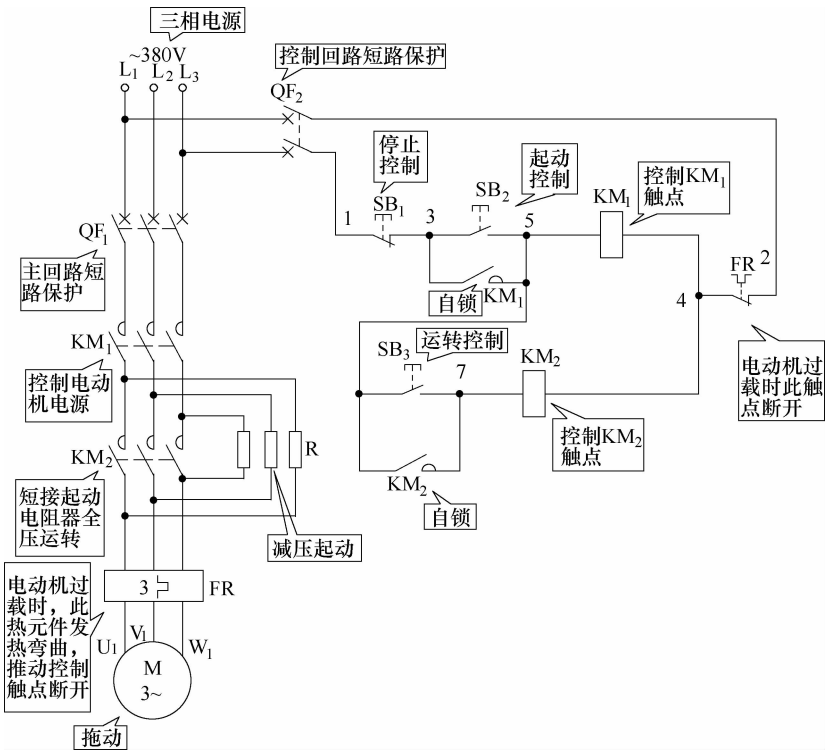


图 4-3　手动串联电阻起动控制电路（二）

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

起动时按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机串起动电阻器 R 减

压起动；随着电动机转速的逐渐提高，再按下全压运转按钮 SB_3（5-7），交流接触器 KM_2 线圈也得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，短接起动电阻器 R，电动机串起动电阻器 R 起动结束，电动机得以全压运转。

停止时按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、KM_2 线圈断电释放，KM_1、KM_2 各自的三相主触点断开，电动机失电停止运转。

★电路 140　用手动按钮控制转子绕组三级串对称电阻起动控制电路

本电路采用手动按钮控制转子绕组三级串对称电阻起动控制电路。起动分三级逐渐手动切换，随着转子绕组电阻的逐级切除，电动机的转速也会随电阻的切除而逐级加速，最后将全部电阻切除，电动机进入额定转速状态，整个起动过程结束。

如图 4-4 所示，首先合上主回路断路器 QF_1 和控制回路断路器 QF_2，指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

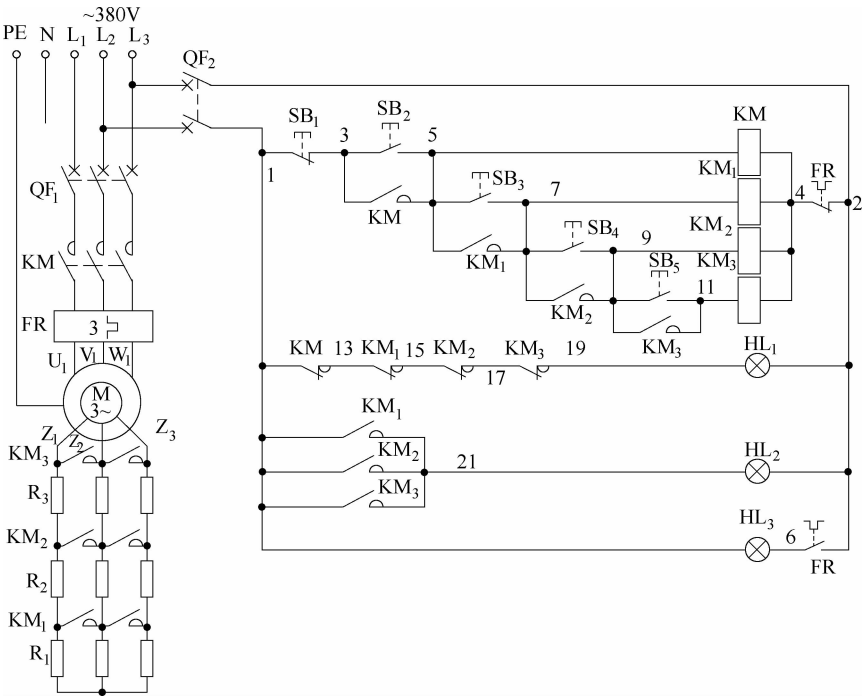


图 4-4　用手动按钮控制转子绕组三级串对称电阻起动控制电路

第一次按下起动按钮 SB_2（3-5），定子电源交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机的转子回路中

串入三级电阻 R_1、R_2、R_3 进行第一级起动；KM 辅助常闭触点（1-13）断开，KM 辅助常开触点（1-21）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已进行起动。

随着电动机的运转，第二次按下加速起动按钮 SB_3（5-7），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 主触点闭合，短接电阻器 R_1，使电动机转子电阻减小，电动机加速运转。此时，第一组电阻器 R_1 被 KM_1 切除掉。

随着电动机的运转速度进一步提高，第三次按下加速起动按钮 SB_4（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 主触点闭合，短接电阻器 R_2，使电动机转子电阻进一步减小。电动机再进一步加速运转。此时，第二组电阻器 R_2 被 KM_2 切除掉。

经过切除两级电阻器 R_1、R_2 后，电动机的转速逐渐提高，此时第四次按下起动按钮 SB_5（9-11），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（9-11）闭合自锁，KM_3 主触点闭合，将最后一级电阻器 R_3 短接了起来，电动机转速到额定值，电动机按额定转速运转。此时，电阻器 R_1、R_2、R_3 被全部切除。整个起动过程结束。

停止时则按下停止按钮 SB_1（1-3）即可。

图 4-4 中，HL_3 为电动机过载指示灯，当电动机出现过载时，指示灯 HL_3 亮。说明电动机已过载退出运行了。

本电路存在一个最大缺陷，就是当同时按下四只起动按钮 SB_2、SB_3、SB_4、SB_5 时，会造成电动机直接全压起动问题，很不安全。请使用者引起注意，并加以防范，以免误按造成事故发生。

★电路 141　效果理想的手动按钮控制转子绕组三级串对称电阻起动控制电路

图 4-5 所示电路为手动按钮控制转子绕组三级串对称电阻起动控制电路，与其他同类电路相比，其优点更为突出，在防误操作方面本电路更为可靠。

起动时，第一次按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈吸合，其辅助常开触点（3-5）闭合自锁，辅助常开触点（5-7）闭合为进一步加速控制做准备。按下 SB_2 时，其常闭触点（9-11）断开，以防止误按按钮 SB_3 而加速起动，起到互锁保护作用；同时 KM 三相主触点闭合，电动机转子回路中串入三级电阻 R_1、R_2、R_3 起动。

第二次按下起动按钮 SB_3（7-9），交流接触器 KM_1 吸合，SB_3 常闭触点（15-17）断开，以防误按按钮 SB_4 而加速起动，起到保护作用；KM_1 辅助常开触点（7-11）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，短接切除第一级起动电阻 R_1，电动机开始加速起动；同时 KM_1 辅助常开触点（17-19）闭合，为再次加速起动做准备。

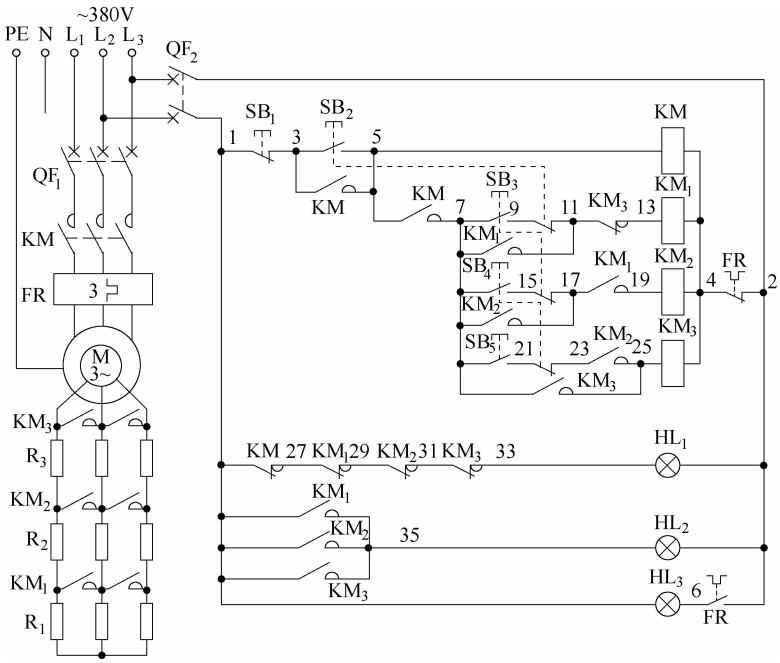


图 4-5　效果理想的手动按钮控制转子绕组三级串对称电阻起动控制电路

随着电动机转速的逐渐加快，第三次按下起动按钮 SB_4（7-15），交流接触器 KM_2 吸合，SB_4 常闭触点（21-23）断开，以防误按按钮 SB_4 而加速起动，起到保护作用；KM_2 辅助常开触点（7-17）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，短接切除第二级起动电阻 R_2，电动机转速又逐渐加快起来，同时 KM_2 辅助常开触点（23-25）闭合，为再次加速起动做准备。

随着电动机转速的进一步加快，第四次按下起动按钮 SB_5（7-21），交流接触器 KM_3 吸合，KM_3 辅助常开触点（7-25）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，短接切除第三级起动电阻 R_3，电动机转速又加快起来，并迅速达到额定转速。同时，KM_3 辅助常开触点（11-13）断开，切除了 KM_1、KM_2 线圈电源。至此整个起动过程结束，最后控制电路只有交流接触器 KM、KM_3 工作，这样可节省其他交流接触器线圈工作所消耗的电能。

图 4-5 中，HL_1 为电源兼作停止指示灯；HL_2 为起动运转指示灯；HL_3 为电动机过载指示灯。

★电路 142　频敏变阻器正反转自动控制电路

本电路采用一只得电延时时间继电器来控制绕线转子电动机实现频敏变阻器正反转起动自动控制（见图 4-6）。

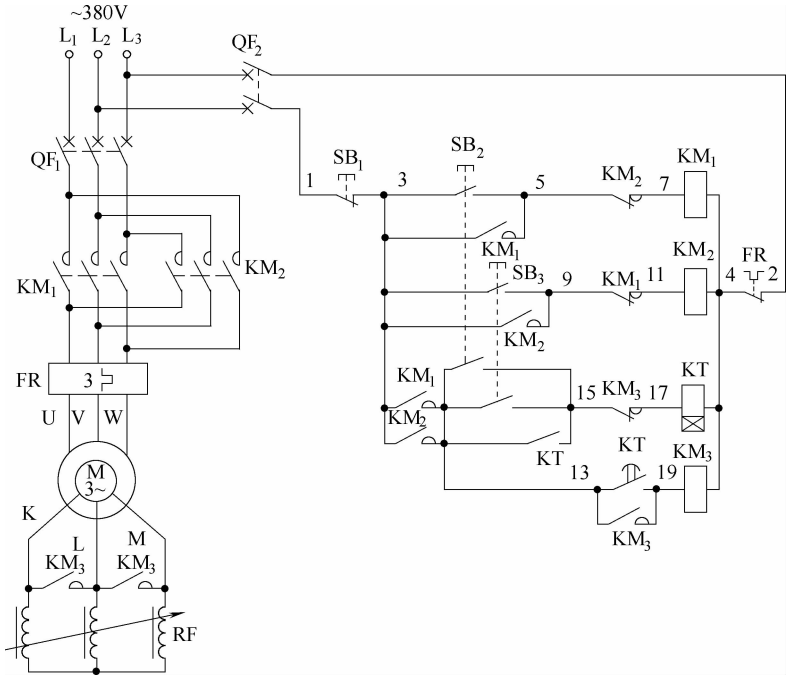


图 4-6　频敏变阻器正反转自动控制电路

1. 正转自动起动控制

按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（3-5）闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机绕线转子串频敏变阻器 RF 起动。在 KM_1 线圈得电吸合的同时，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（9-11）断开，起互锁作用；KM_1 辅助常开触点（3-13）闭合，为接通延时转换用得电延时时间继电器 KT 线圈做准备。在按下正转起动按钮 SB_2 的同时，SB_2 的另一组常开触点（13-15）闭合，使得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（13-15）闭合自锁，KT 开始延时。经 KT 一段延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（13-19）闭合，接通了交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（13-19）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将频敏变阻器 RF 短接起来，电动机起动完毕转入正常全压运转。在 KM_3 线圈得电吸合的同时，KM_3 串联在 KT 线圈回路中的辅助常闭触点（15-17）断开，切断得电延时时间继电

器 KT 线圈回路电源，KT 线圈断电释放，其所有触点恢复原始状态。

2. 反转自动起动控制

若电动机处于正转运转时需反转，必须先将正转停下来后方可进行。此时，先按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、KM_3 线圈断电释放，KM_1、KM_3 各自的三相主触点断开，电动机失电正转停止运转。再按下反转起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常开触点（3-9）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机绕线转子串联频敏变阻器 RF 起动。在 KM_2 线圈得电吸合的同时，KM_2 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（5-7）断开，起互锁作用；KM_2 辅助常开触点（3-13）闭合，使得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（13-15）闭合自锁，KT 开始延时。经 KT 一段延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（13-19）闭合，接通了交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（13-19）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将频敏变阻器 RF 短接起来，电动机起动完毕转为正常全压运转。在 KM_3 线圈得电吸合的同时，KM_3 串联在 KT 线圈回路中的辅助常闭触点（15-17）断开，使 KT 线圈断电释放退出运行。

★电路 143　频敏变阻器正反转手动控制电路

电路如图 4-7 所示。

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（13-15）断开，以防止在起动时同时按下运转按钮 SB_4（17-19）而出现直接全压起动问题；SB_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，接通了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机转子串联频敏变阻器 RF 正转起动。在 KM_1 线圈得电吸合时，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（9-11）断开，起到互锁作用；KM_1 串联在 KM_3 线圈回路中的辅助常开触点（3-13）闭合，为运转操作做准备。当电动机的转速升至接近额定转速时，再按下运转按钮 SB_4（17-19），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（13-19）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将转子回路频敏变阻器 RF 短接起来，电动机以额定转速正转运转。

2. 正转停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），切断了交流接触器 KM_1、KM_3 线圈回路电源，KM_1、KM_3 线圈断电释放，KM_1、KM_3 各自的三相主触点断开，电动机失电正转停止运转。

3. 反转起动

按下反转起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（15-17）断开，以防止在起动

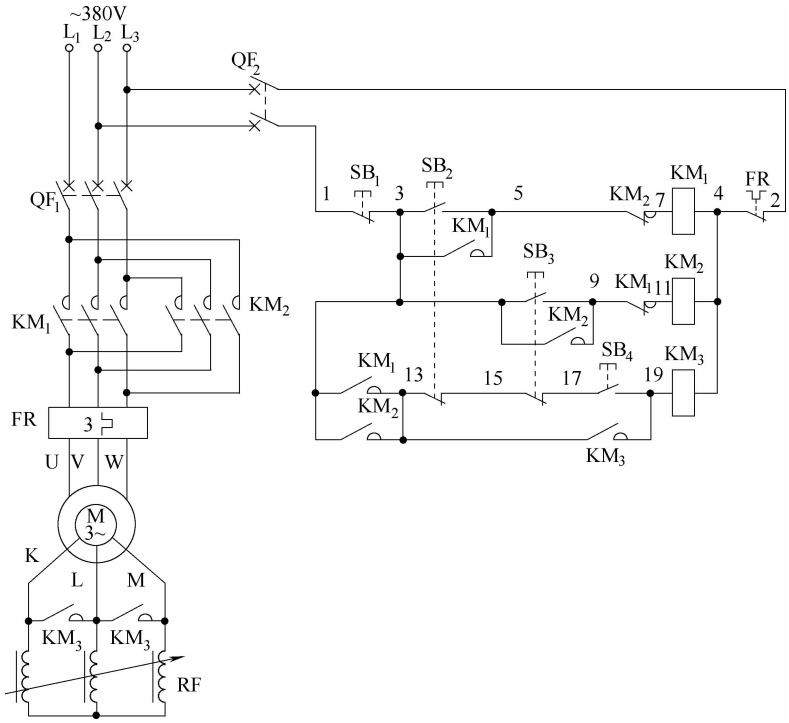


图 4-7　频敏变阻器正反转手动控制电路

时同时按下运转按钮 SB_4（17-19）而出现直接全压起动问题；SB_3 的另一组常开触点（3-9）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机转子串联频敏变阻器 RF 反转起动。在 KM_2 线圈得电吸合时，KM_2 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（5-7）断开，起到互锁作用；KM_2 串联在 KM_3 线圈回路中的辅助常开触点（3-13）闭合，为运转操作做准备。当电动机的转速升至接近额定转速时，按下运转按钮 SB_4（17-19），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（13-19）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将转子回路频敏变阻器 RF 短接起来，电动机以额定转速反转运转。

4. 反转停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），切断了交流接触器 KM_2、KM_3 线圈回路电源，KM_2、KM_3 线圈断电释放，KM_2、KM_3 各自的三相主触点断开，电动机失电反转停止运转。

★电路 144　采用三只接触器完成Y-△减压起动自动控制电路

在Y-△减压起动电路中最常用的是采用三只交流接触器完成起动控制，如图 4-8 所示。在起动时，先合上主回路断路器 QF_1，再合上控制回路断路器 QF_2，按下起动按钮 SB_2，此时交流接触器 KM_1、KM_2 线圈均得电吸合，同时得电延时时间继电器 KT 线圈也得电动作，KM_1 三相主触点接通电动机绕组 U_1、V_1、W_1 电源，KM_2 三相主触点将Y点 U_2、Y_2、W_2 短接（实际上就是 $KM_1 + KM_2 =$ Y形起动），电动机绕组接成Y形减压起动；经 KT 延时（其延时时间可按估算公式：功率开方后乘以 2 再加 4s 即可。例如，该电动机功率为 15kW，$\sqrt{15} \approx 4$，$4 \times 2 + 4 = 12$s），KT 串联在 KM_2 线圈回路中的延时断开的常闭触点断开，使交流接触器 KM_2 线圈断电释放，电动机绕组Y点断开；同时 KT 串联在 KM_3 线圈回路中的常开触点闭合，使交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 三相主触点闭合，将三相绕组 U_1、W_2，V_1、U_2，W_1、V_2 分别短接起来形成△形正常全压运行（实际上就是 $KM_1 + KM_3 =$ △形全压运行），起动过程结束。欲停止，则按下停止按钮 SB_1 即可。

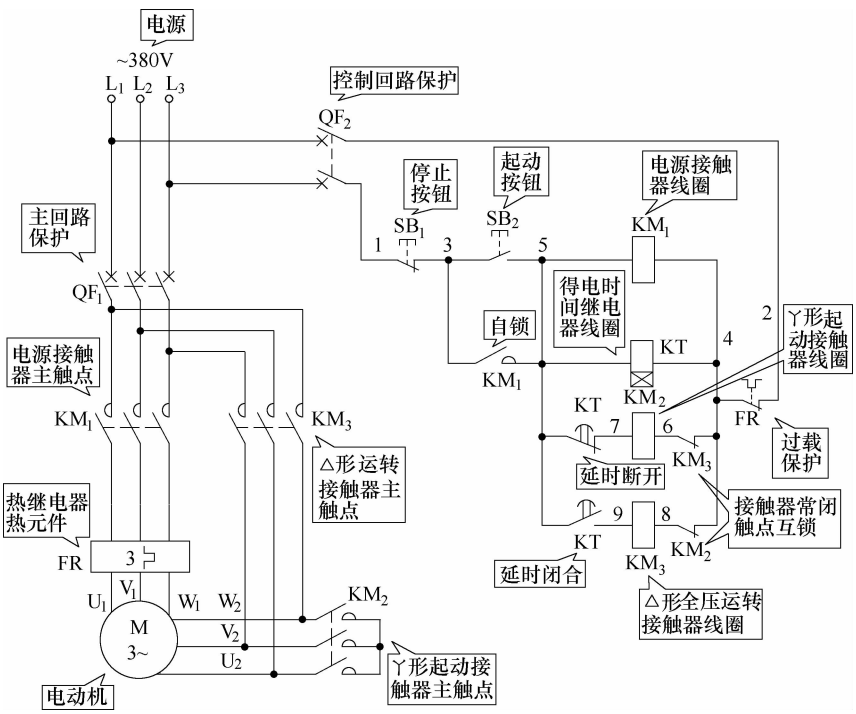


图 4-8　采用三只接触器完成Y-△减压起动自动控制电路

此种控制电路非常适用于 13～55kW 之间的△形接法电动机实现减压起动。图 4-8 中，交流接触器 KM_1 作用为接通三相交流电源至电动机绕组 U_1、V_1、

W_1；KM_2 作用为短接 U_2、V_2、W_2 使其为Y点；KM_3 作用为△形连接；时间继电器 KT 作用为延时Y-△转换控制。

★电路 145　自耦变压器自动控制减压起动电路

图 4-9 所示为自耦变压器自动控制减压起动电路。

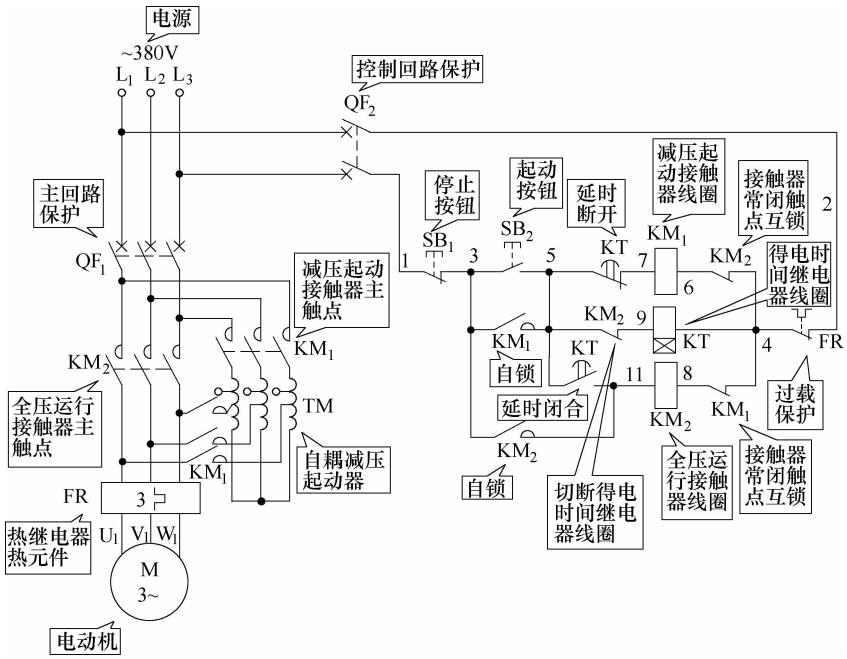


图 4-9　自耦变压器自动控制减压起动电路

起动时按下起动按钮 SB_2，减压交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合将自耦变压器 TM 串入电动机电源回路，电动机减压起动；同时，时间继电器线圈 KT 得电吸合开始延时，经过设定时间后，KT 延时断开的常闭触点切断减压交流接触器 KM_1 线圈回路，使自耦变压器退出起动，KT 延时闭合的常开触点闭合，接通全压交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 三相主触点闭合，电动机转为全压运行。停止时，则按下停止按钮 SB_1，全压交流接触器 KM_2 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机便断电停止运转。

★电路 146　延边三角形减压起动自动控制电路

图 4-10 所示为延边三角形减压起动自动控制电路。

起动时，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1、KM_3 线圈和时间继电器 KT 线圈同时得电吸合且 KM_1 自锁，电动机 M 接成延边三角形减压起动；经时间继

电器 KT 一段延时后，时间继电器 KT 得电延时断开的常闭触点断开，切断了交流接触器 KM_3 线圈回路电源（KM_3 辅助连锁常闭触点复原恢复常闭，为电动机正常全压运行交流接触器 KM_2 线圈工作做准备），KM_3 三相主触点断开，电动机绕组延边三角形解除。同时，时间继电器 KT 得电延时闭合的常开触点闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机绕组接成三角形正常运转。

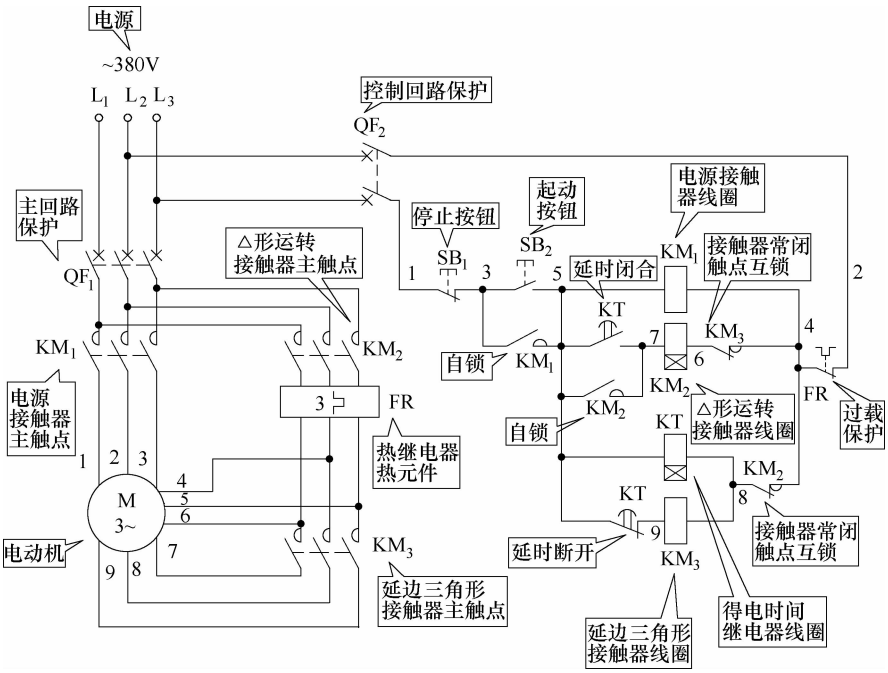


图 4-10　延边三角形减压起动自动控制电路

停止时，则按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1、KM_2 线圈同时断电释放，KM_1、KM_3 主触点断开，电动机断电停止运转。

★电路 147　频敏变阻器起动控制电路

频敏变阻器用在绕线式电动机中与转子绕组串联来平稳起动电动机，如图 4-11 所示。它是一种无触点电磁元件，类似一个铁心损耗特别大的三相电抗器。它的特点是阻抗随通过电流频率的变化而改变。由于频敏变阻器是串联在绕组式电动机的转子电路中的，在起动过程中，变阻器的阻抗将随着转子电流频率的降低而自动减小，电动机平稳地起动起来后，再短接频敏变阻器（见图 4-12），使电动机正常运行。频敏变阻器由数片厚钢板和线圈组成，线圈为星形接法。

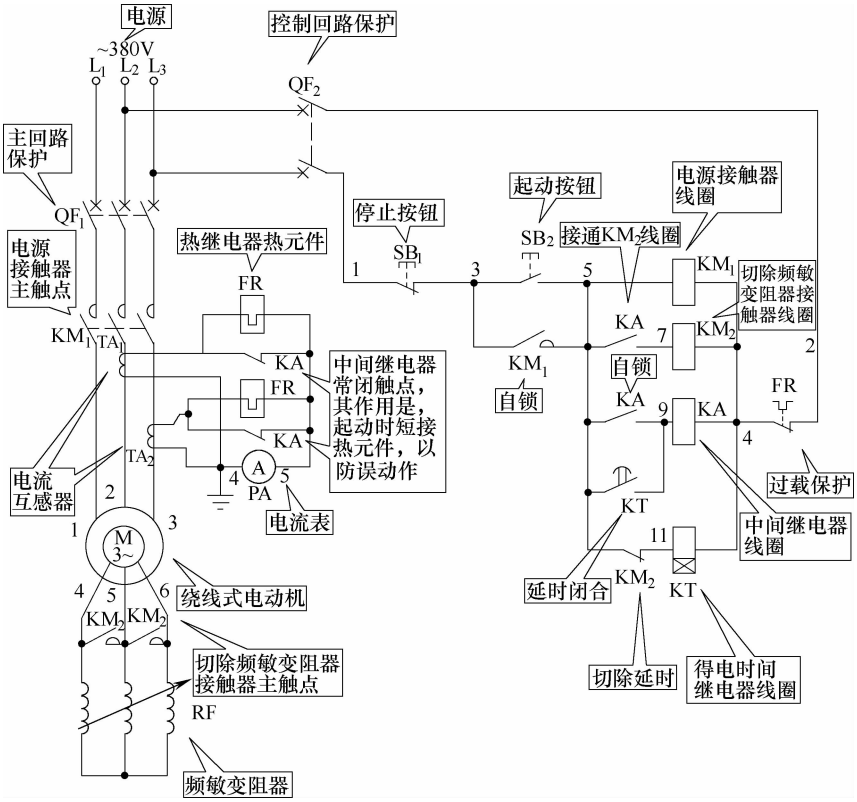


图 4-11　频敏变阻器起动控制电路

在使用频敏变阻器时应注意以下诸多问题：

1）起动电动机时，起动电流过大或起动太快时，可换接线圈接头，因匝数增多，起动电流和起动转矩便同时减小。

2）当起动转速过低，切除频敏变阻器的冲击电流过大时，则可换接到匝数较少的接线端子，起动电流和起动转矩就同时增大。

3）频敏变阻器在使用一段时间后，要检查线圈对金属壳的绝缘情况，应经常进行表面灰尘清除工作。

4）如果频敏变阻器线圈损坏，则可用 B 级电磁线按原线圈匝数和线径重新绕制。

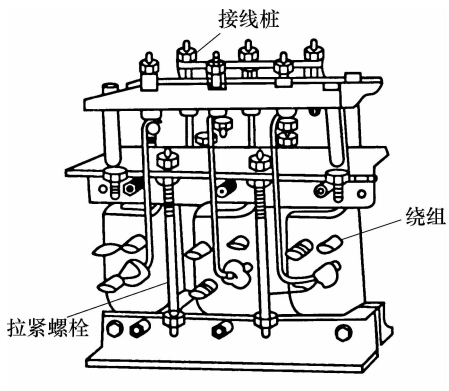


图 4-12　频敏变阻器外形

图 4-11 是利用频敏变阻器的阻抗随

着转子电流频率的变化而变化的特点来实现的。

起动时，按下起动按钮 SB_2，KM_1 得电动作，其常开辅助触点闭合自锁，电动机转子电路串入频敏变阻器 RF 起动。当得电延时时间继电器 KT 达到整定时间后，其延时闭合的常开触点闭合，中间继电器 KA 得电动作，其常开触点闭合，KM_2 线圈得电动作，常闭触点断开，使时间继电器 KT 线圈断电释放，同时常开触点闭合，将频敏变阻器短接，起动过程结束（其延时时间可根据实际情况而定）。

KA 的作用是在起动时，由其常闭触点将热继电器 FR 的发热元件短接，以免因起动时间过长造成热继电器 FR 误动作。起动结束后，KA 动作，其常闭触点断开，解除对 FR 发热元件的短接，热继电器 FR 投入运行。

★电路 148　定子绕组串联电阻起动自动控制电路（一）

电动机起动时，在电动机定子绕组中串接起动电阻，由于电阻上产生电压降，使电动机在额定电压下运行，达到安全起动的目的。

图 4-13 所示是定子绕组串联电阻起动自动控制电路（一）。

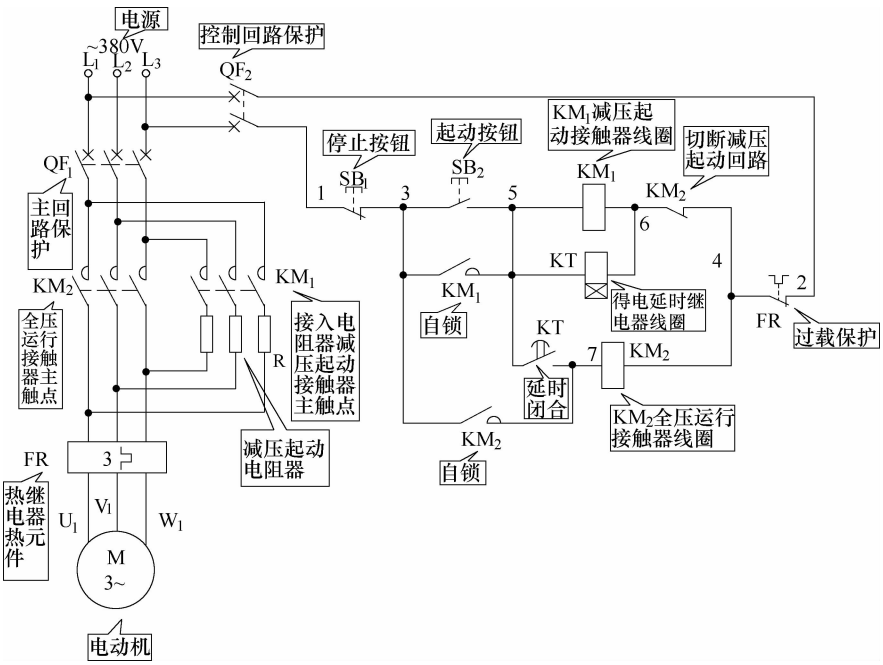


图 4-13　定子绕组串联电阻起动自动控制电路（一）

起动时，按下起动按钮 SB_2，起动用交流接触器 KM_1、时间继电器 KT 线圈均得电吸合且 KM_1 自锁，同时 KM_1 三相主触点闭合，电动机定子绕组串入起动

电阻进行起动；经时间继电器 KT 一定延时后，KT 延时闭合的常开触点闭合，接通了全压运行交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合且自锁，KM_2 串联在 KM_1、KT 线圈回路中的辅助常闭触点断开，使 KM_1、KT 线圈断电，退出运行，以达到节电目的；同时 KM_2 三相主触点闭合，将 KM_1、R 短接起来、电动机由电阻减压起动变为全压运行。

该电路最大优点是在起动完毕后，起动交流接触器 KM_1 和延时时间继电器 KT 线圈断电释放将退出运行，以节约电能和延长器件寿命。

★电路 149　定子绕组串联电阻起动自动控制电路（二）

若三相异步电动机铭牌上标有额定电压为 220/380V（△/Y）的连接方式时，就不能采用Y-△方法来进行减压起动。通常采用串联电阻器的方法来进行减压起动。

图 4-14 所示是另一种定子绕组串联电阻起动自动控制电路。

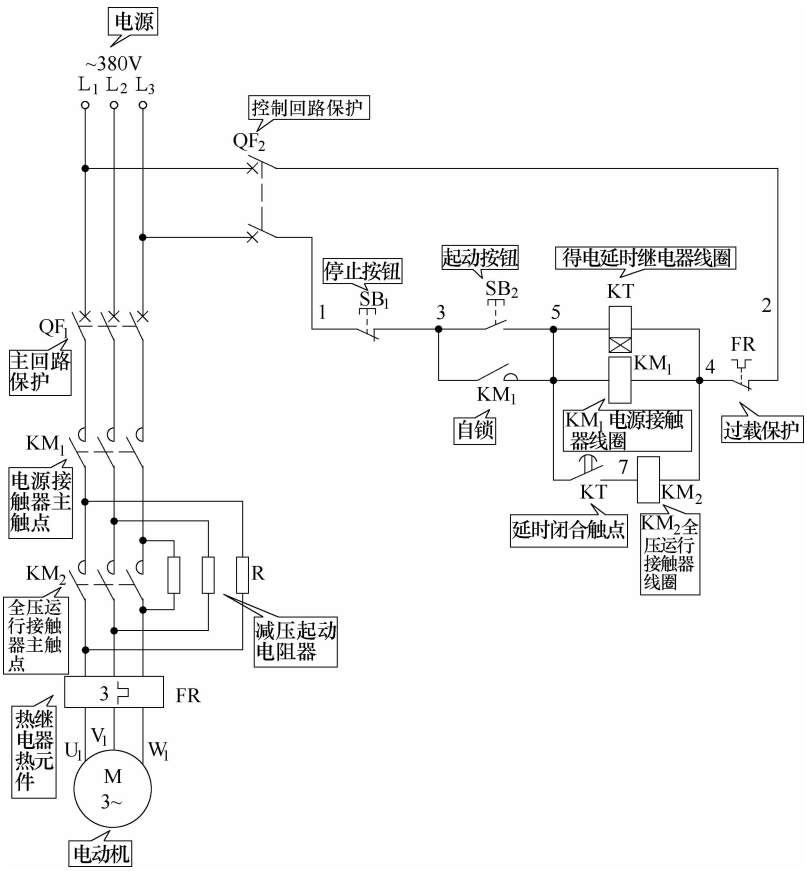


图 4-14　定子绕组串联电阻起动自动控制电路（二）

当起动电动机时，按下按钮 SB_2，交流接触器线圈 KM_1 得电吸合，使电动机绕组串入电阻减压起动。这时时间继电器 KT 线圈也得电，KT 延时闭合的常开触点经过延时闭合，使 KM_2 线圈得电吸合。KM_2 主触点闭合短接起动电阻 R，使电动机在全电压下运行。停机时，按下停机按钮 SB_1 即可。

这种电路适用于要求起动平稳的中等容量的鼠笼式异步电动机，其不足之处是起动转矩因起动电流的减小而减小。另外，起动电阻要消耗一定的功率，所以不宜频繁起动。

该电路存在一个问题就是电路工作时，交流接触器 KM_1、KM_2 和时间继电器 KT 线圈均工作，消耗电能。

★电路 150　频敏变阻器可逆手动起动控制电路

电路如图 4-15 所示。

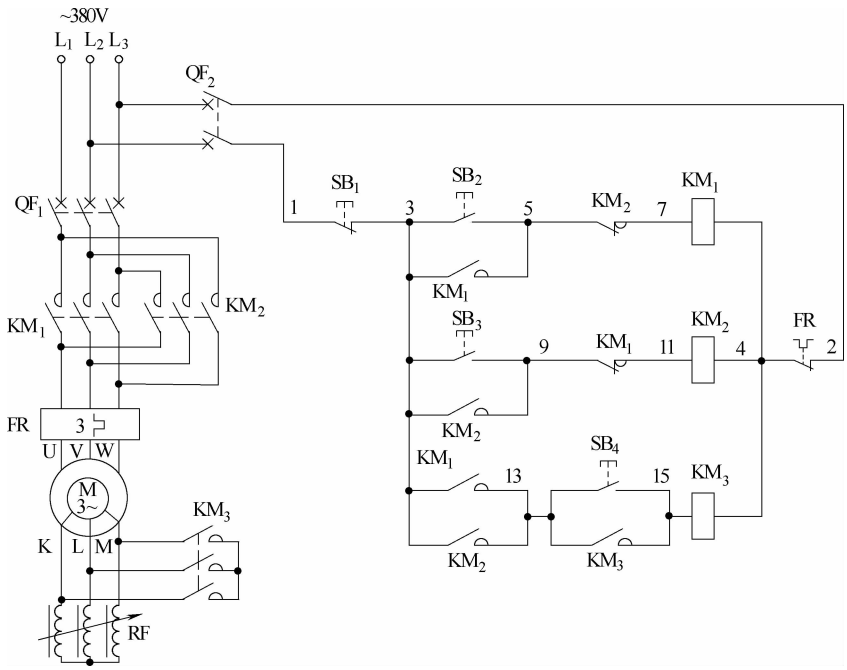


图 4-15　频敏变阻器可逆手动起动控制电路

正转起动时，按下正转起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁；KM_1 辅助常闭触点（9-11）断开，起互锁作用；KM_1 辅助常开触点（3-13）闭合，为运转控制做准备；KM_1 三相主触点闭合，电动机得电转子串入频敏变阻器 RF 进行正转起动。随着电动机转速的不断提高，升至额定转速时，再按下运转按钮 SB_4（13-15），交流接触器 KM_3 线

圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（13-15）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将转子回路的频敏变阻器 RF 短接起来，电动机以额定转速正转运转。

反转起动时，按下反转起动按钮 SB_3（3-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-9）闭合自锁；KM_2 辅助常闭触点（5-7）断开，起互锁作用；KM_2 辅助常开触点（3-13）闭合，为运转控制做准备；KM_2 三相主触点闭合，电动机得电转子串入频敏变阻器 RF 进行反转起动。随着电动机转速的不断提高，升至额定转速时，再按下运转按钮 SB_4（13-15），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（13-15）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将转子回路的频敏变阻器 RF 短接起来，电动机以额定转速反转运转。

停止时，无论正转还是反转，均按下停止按钮 SB_1（1-3），切断正转（KM_1 + KM_3）或反转（KM_2 + KM_3）交流接触器线圈回路电源，各自的线圈断电释放，各自的三相主触点断开，电动机失电停止运转。

本电路的特点是，起动完毕后，仅有一只有五对主触点的交流接触器 KM_2 线圈吸合工作，以节省 KM_1 线圈消耗的电能。

★电路 151　频敏电阻器可逆自动起动控制电路

电路如图 4-16 所示。

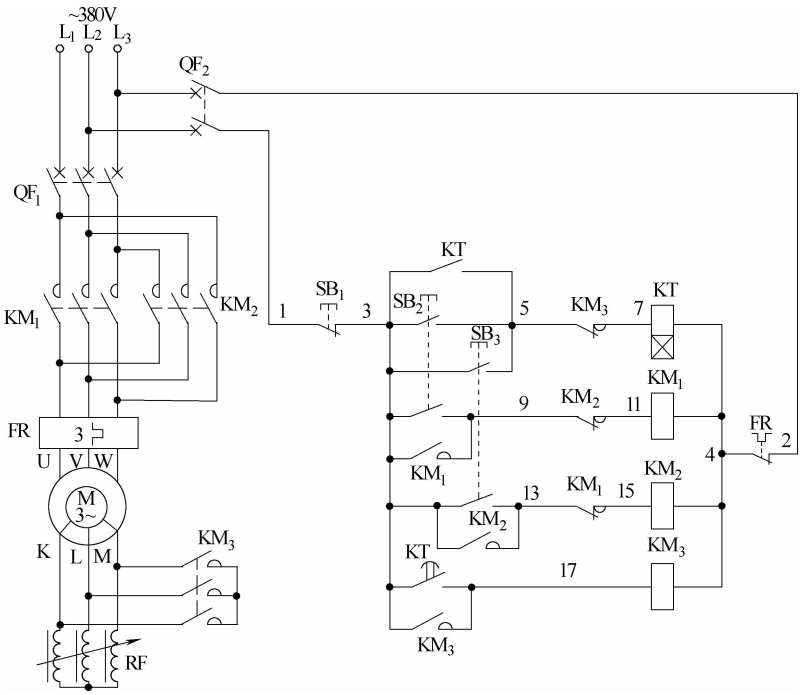


图 4-16　频敏变阻器可逆自动起动控制电路

正转起动时，按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（3-9）闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_1 辅助常开触点（13-15）断开，起互锁作用。KM_1 三相主触点闭合，电动机串频敏变阻器 RF 进行正转起动。在按下 SB_2 的同时，SB_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，接通了得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（3-5）闭合自锁，同时 KT 开始延时。随着电动机转速的逐渐提高，接近其额定转速时，也就是 KT 延时结束时间，KT 得电延时闭合的常开触点（3-17）闭合，使交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（3-17）闭合自锁，KM_3 辅助常闭触点（5-7）断开，切断 KT 线圈回路电源，KT 线圈断电释放，KT 所有触点恢复原始状态。与此同时，KM_3 三相主触点闭合，将转子回路短接起来，电动机以额定转速正常运转。至此，完成正转起动自动控制过程。

正转停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、KM_3 线圈断电释放，KM_1、KM_3 各自的三相主触点均断开，电动机失电正转停止运转。

反转起动时，按下反转起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常开触点（3-13）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-13）闭合自锁，KM_2 辅助常闭触点（9-11）断开，起互锁作用。KM_2 三相主触点闭合，电动机串频敏变阻器 RF 进行反转起动。在按下 SB_3 的同时，SB_3 的另一组常开触点（3-5）闭合，接通了得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（3-5）闭合自锁，同时 KT 开始延时。随着电动机转速的逐渐提高，接近其额定转速时，也就是 KT 延时结束时间，KT 得电延时闭合的常开触点（3-17）闭合，使交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（3-17）闭合自锁，KM_3 辅助常闭触点（5-7）断开，切断 KT 线圈回路电源，KT 线圈断电释放，KT 所有触点恢复原始状态。与此同时，KM_3 三相主触点闭合，将转子回路短接起来，电动机以额定转速正常运转。至此，完成反转起动自动控制过程。

反转停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_2、KM_3 线圈断电释放，KM_2、KM_3 各自的三相主触点均断开，电动机失电反转停止运转。

★电路 152　用频敏变阻器完成的单向手动减压起动控制电路

电路如图 4-17 所示。

1. 起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电串接频敏变阻器 RF 起动。在 KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 串联在全压运转按钮 SB_3 回路中的常开触点（7-9）闭合，为全压手动操作做准备。

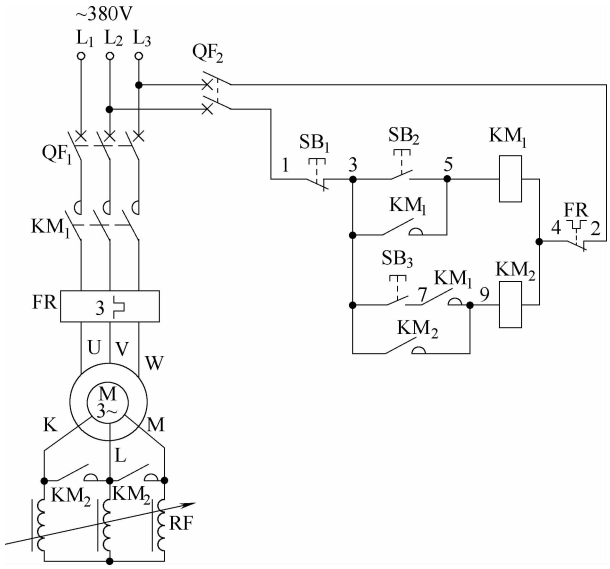


图 4-17　用频敏变阻器完成的单向手动减压起动控制电路

2. 全压运转

随着电动机转速的逐渐提高，当达到电动机额定转速时，可按下全压运转按钮 SB_3（3-7），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，将频敏变阻器 RF 短接了起来，电动机得电全压正常运转。

★电路 153　频敏变阻器正反转手动控制电路（一）

电路如图 4-18 所示。

1. 正转起动

将正反转选择开关 SA 置于正转位置，SA（5-7）接通，为正转起动做准备。按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（5-15）断开，以防止误按运转按钮 SB_3（15-17）而出现全压运转问题；SB_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机绕线转子回路串入频敏变阻器 RF 起动。在 KM_1 线圈得电吸合的同时，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（11-13）断开，起到互锁作用。随着电动机转速的逐渐升高，当接近额定转速时，按下运转按钮 SB_3（15-17），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（15-17）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将绕线转子回路短接起来，电动机以额定转速正转运转，从而完成手动正转起动过程。

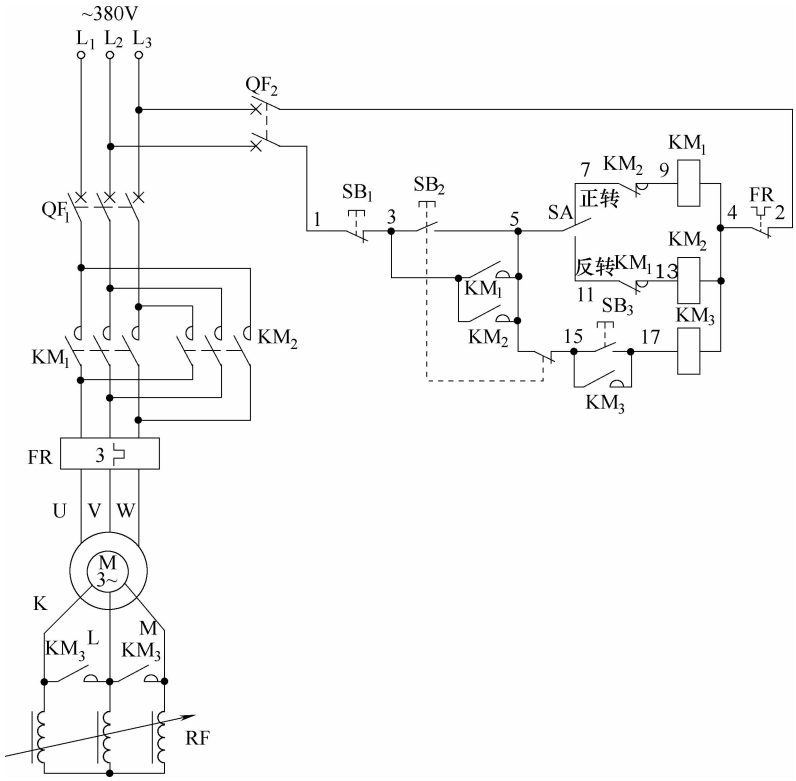


图 4-18　频敏变阻器正反转手动控制电路（一）

2. 反转起动

将正反转选择开关 SA 置于反转位置，SA（5-11）接通，为反转起动做准备。按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（5-15）断开，以防止误按运转按钮 SB_3（15-17）而出现全压运转问题；SB_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机绕线转子回路串入频敏变阻器 RF 起动。在 KM_2 线圈得电吸合的同时，KM_2 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（7-9）断开，起到互锁作用。随着电动机转速的逐渐升高，当接近额定转速时，再按下运转按钮 SB_3（15-17），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（15-17）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将绕线转子回路短接起来，电动机以额定转速反转运转，从而完成手动反转起动过程。

★电路 154　频敏变阻器正反转手动控制电路（二）

频敏变阻器正反转手动控制电路（二）如图 4-19 所示。

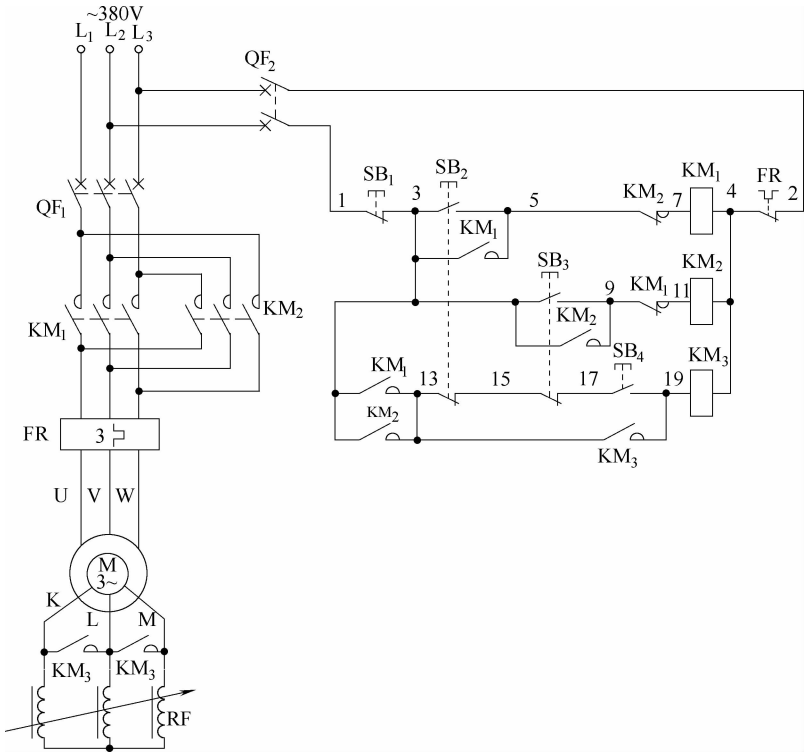


图 4-19　频敏变阻器正反转手动控制电路（二）

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（13-15）断开，以防止在起动时同时按下运转按钮 SB_4（17-19）而出现直接全压起动的情况；SB_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，接通了交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机转子串频敏变阻器 RF 正转起动。在 KM_1 线圈得电吸合时，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（9-11）断开，起到互锁作用；KM_1 串联在 KM_3 线圈回路中的辅助常开触点（3-13）闭合，为运转操作做准备。当电动机的转速升至接近额定转速时，再按下运转按钮 SB_4（17-19），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（13-19）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将转子回路频敏变阻器 RF 短接起来，电动机以额定转速正转运转。

2. 正转停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），切断了交流接触器 KM_1、KM_3 线圈的回路电源，KM_1、KM_3 线圈断电释放，KM_1、KM_3 各自的三相主触点断开，电动机失电正转

停止运转。

3. 反转起动

按下反转起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（15-17）断开，以防止在起动时同时按下运转按钮 SB_4（17-19）而出现直接全压起动的情况；SB_3 的另一组常开触点（3-9）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈的回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机转子串频敏变阻器 RF 反转起动。在 KM_2 线圈得电吸合时，KM_2 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（5-7）断开，起到互锁作用；KM_2 串联在 KM_3 线圈回路中的辅助常开触点（3-13）闭合，为运转操作做准备。当电动机的转速升至接近额定转速时，按下运转按钮 SB_4（17-19），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（13-19）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将转子回路频敏变阻器 RF 短接起来，电动机以额定转速反转运转。

4. 反转停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），切断了交流接触器 KM_2、KM_3 线圈的回路电源，KM_2、KM_3 线圈断电释放，KM_2、KM_3 各自的三相主触点断开，电动机失电反转停止运转。

★电路 155　频敏变阻器正反转自动控制电路

本电路采用一只得电延时时间继电器来控制绕线转子电动机实现频敏变阻器正反转起动自动控制（见图 4-20）。

1. 正转自动起动控制

按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（3-5）闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机绕线转子串联频敏变阻器 RF 起动。在 KM_1 线圈得电吸合的同时，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（9-11）断开，起到互锁作用；KM_1 辅助常开触点（3-13）闭合，为接通延时转换用得电延时时间继电器 KT 线圈做准备。在按下正转起动按钮 SB_2 的同时，SB_2 的另一组常开触点（13-15）闭合，使得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，且 KT 不延时瞬动常开触点（13-15）闭合自锁，KT 开始延时。经 KT 一段延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（13-19）闭合，接通了交流接触器 KM_3 线圈的回路电源，KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（13-19）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将频敏变阻器 RF 短接起来，电动机起动完毕转入正常全压运转。在 KM_3 线圈得电吸合的同时，KM_3 串联在 KT 线圈回路中的辅助常闭触点（15-17）断开，切断了得电延时时间继电器 KT 线圈的回路电源，KT 线圈断电释放，其所有触点恢复原始状态。

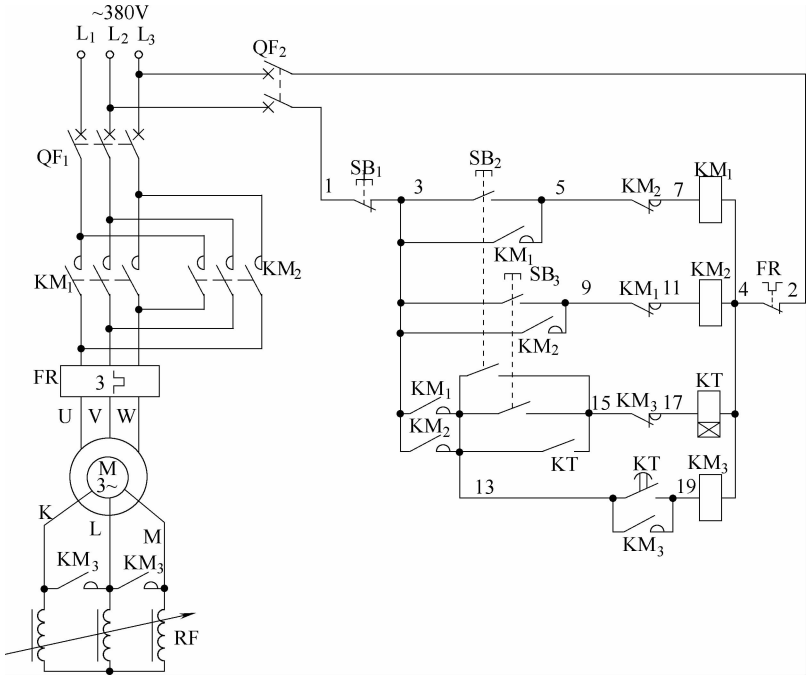


图 4-20　频敏变阻器正反转自动控制电路

2. 反转自动起动控制

若电动机处于正转运转时需反转，必须先将正转停下来后方可进行。此时，先按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、KM_3 线圈断电释放，KM_1、KM_3 各自的三相主触点断开，电动机失电正转停止运转。再按下反转起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常开触点（3-9）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机绕线转子串联频敏变阻器 RF 起动。在 KM_2 线圈得电吸合的同时，KM_2 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（5-7）断开，起到互锁作用；KM_2 辅助常开触点（3-13）闭合，使得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，且 KT 不延时瞬动常开触点（13-15）闭合自锁，KT 开始延时。经 KT 一段延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（13-19）闭合，接通了交流接触器 KM_3 线圈的回路电源，KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（13-19）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将频敏变阻器 RF 短接起来，电动机起动完毕转入正常全压运转。在 KM_3 线圈得电吸合的同时，KM_3 串联在 KT 线圈回路中的辅助常闭触点（15-17）断开，使 KT 线圈断电释放退出运行。

★电路 156　频敏变阻器手动起动控制电路

频敏变阻器手动起动控制电路如图 4-21 所示。

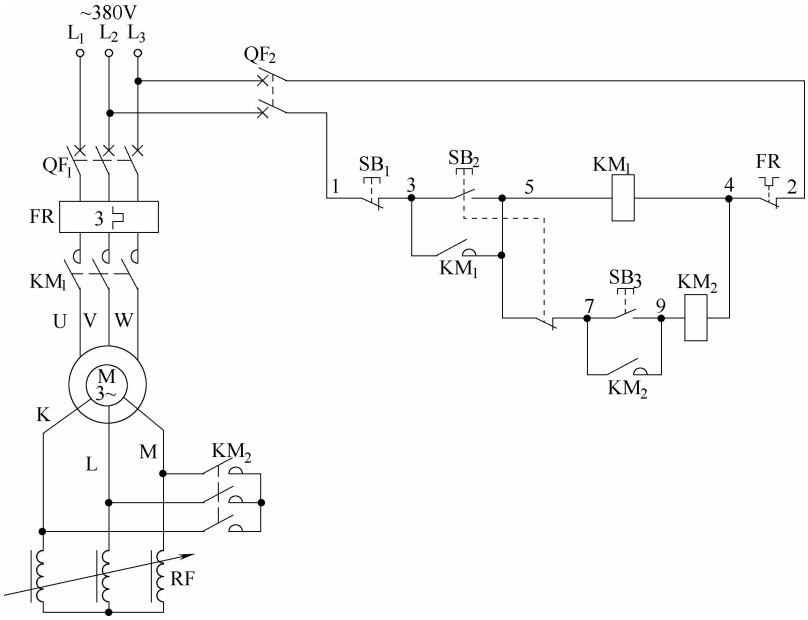


图 4-21　频敏变阻器手动起动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2，为了防止同时按下两只按钮 SB_2 和 SB_3 时出现全压直接启动现象，特将 SB_2 的一组常闭触点（5-7）串联在交流接触器 KM_2 线圈回路中，起到保护作用；此时 SB_2 的一组常闭触点（5-7）断开，切断交流接触器 KM_2 线圈的回路电源使其不能得电；SB_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，接通了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机绕线转子回路串频敏变阻器 RF 减压起动。当电动机转速升至接近额定转速时，再按下运转按钮 SB_3（7-9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，将电动机绕线转子短接起来，电动机全压运转。

★电路 157　频敏变阻器自动起动控制电路

频敏变阻器自动起动控制电路如图 4-22 所示。

起动时，按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（5-9）断开，切断 KM_2 线圈的回路电源，以保证在按下 SB_2 时 KM_2 不会立即闭合；SB_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭

合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机转子串频敏变阻器 RF 进行起动；在按下起动按钮 SB_2 后又松开时，SB_2 的一组常开触点（5-7）闭合又断开，失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合后又断电释放并开始延时，KT 失电延时闭合的常闭触点（9-11）立即断开。经 KT 一段延时后，随着电动机转速的逐渐提高，当接近额定转速时，KT 失电延时闭合的常闭触点（9-11）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈的回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，将转子回路频敏变阻器 RF 短接起来，电动机以额定转速运转。

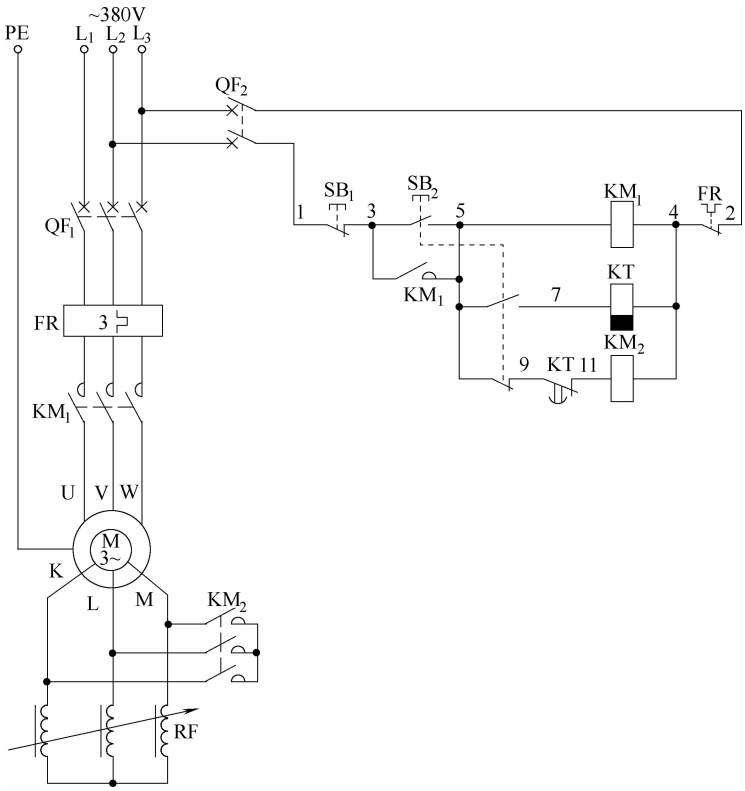


图 4-22　频敏变阻器自动起动控制电路

★电路 158　用失电延时时间继电器控制两只交流接触器完成Y-△减压自动起动电路

电路如图 4-23 所示。合上主回路断路器 QF_1 和控制回路断路器 QF_2，指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. Y形起动

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（3-11）闭合，接通失电延时时间

继电器 KT 线圈电源，KT 所有触点转态。此时，KT 不延时常开触点（13-15）闭合，为接通中间继电器 KA 线圈电源做准备；KT 失电延时断开的常开触点（5-7）立即闭合，为交流接触器 KM_1 线圈工作做准备；KT 失电延时闭合的常闭触点（17-19）断开，为接通交流接触器 KM_2 线圈电源做准备。同时，SB_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合与 KM_2 的两对辅助常闭触点共同组成Y形接法，电动机绕组接成Y形起动。KM_1 辅助常开触点（3-13）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点（3-15）闭合自锁；KA 常开触点（3-17）闭合，为△形转换做准备；指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机正在进行Y形减压起动。松开起动按钮 SB_2 后，失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放并开始延时。

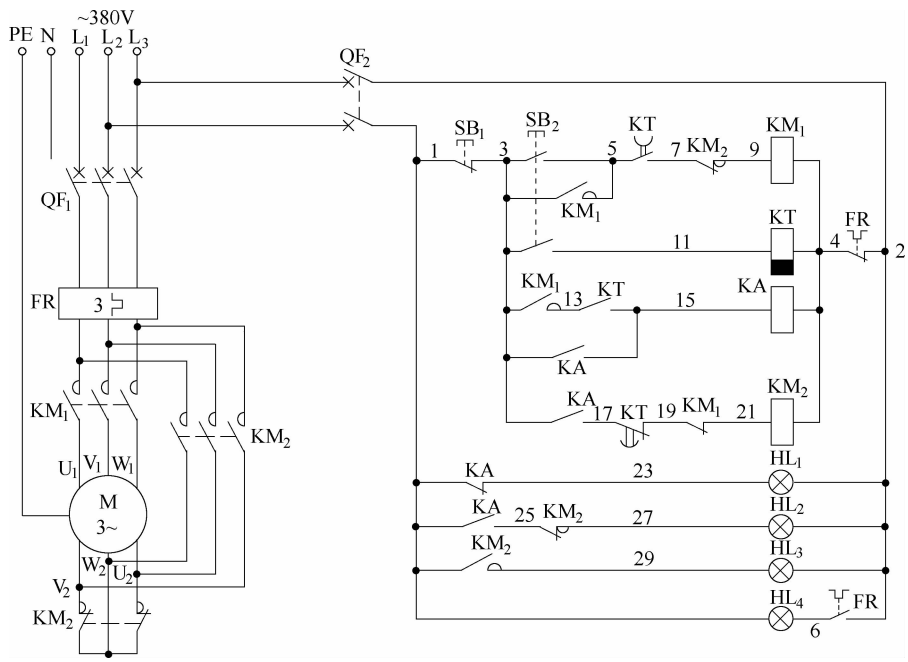


图 4-23　用失电延时时间继电器控制两只交流接触器完成Y-△减压自动起动电路

2. △形运转

经 KT 延时后，KT 失电延时断开的常开触点（5-7）断开，切断Y形交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机绕组失去电源，靠惯性继续转动；KT 失电延时闭合的常闭触点（17-19）闭合，接通△形交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，首先 KM_2 的两对辅助常闭触点断开，然后 KM_2 三相主触点闭合，电动机绕组连接成△形全压运转。同时，

串联在Y形起动指示回路中的 KM_2 辅助常闭触点（25-27）断开，串联在△形运转指示回路中的 KM_2 辅助常开触点（1-29）闭合，指示灯 HL_2 灭、HL_3 亮，说明电动机已由Y形起动自动转换为△形正常运转了。

★电路 159　用一只按钮控制绕线式异步电动机转子串三级电阻手动起停电路

本电路仅用一只按钮 SB，连续 4 次按动此按钮即可实现手动三级起动；起动完毕后，再按动 SB 即可停止。

电路如图 4-24 所示，合上断路器 QF_1、QF_2，电源接通，为电动机起动运转做准备。

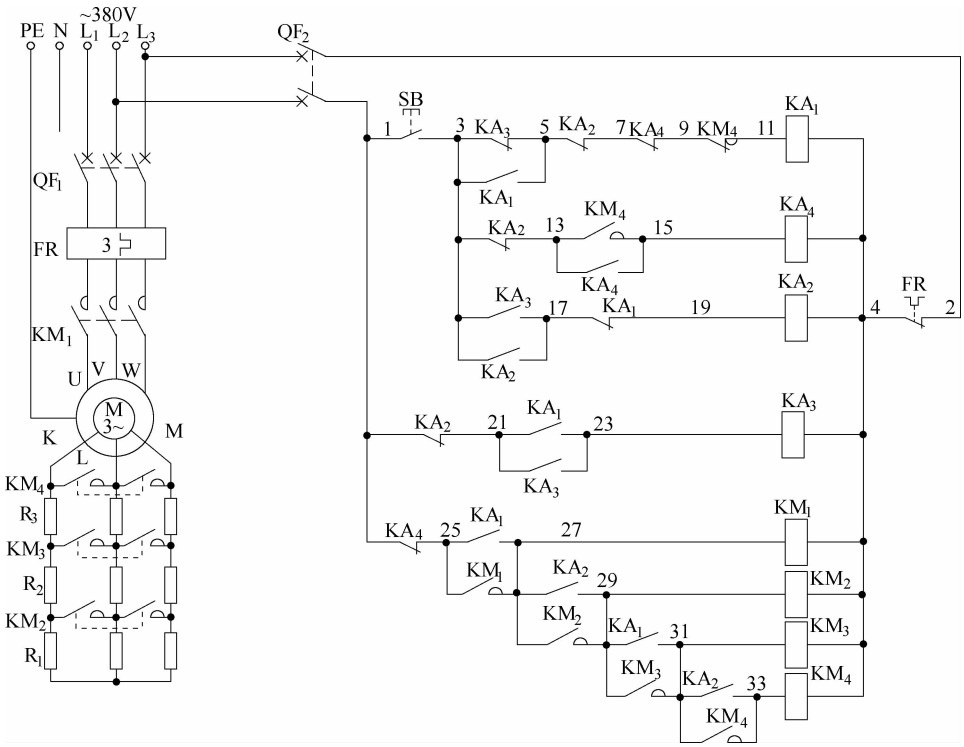


图 4-24　用一只按钮控制绕线式异步电动机转子串三级电阻手动起停电路

1. 第一级起动

第一次按动按钮 SB（1-3），中间继电器 KA_1 线圈得电吸合，KA_1 常开触点（3-5）闭合自锁；串联在 KA_2 线圈回路中的 KA_1 常闭触点（17-19）断开，起到互锁作用；串联在 KA_3 线圈回路中的 KA_1 常开触点（21-23）闭合自锁，KA_3 常闭触点（3-5）断开，KA_3 常开触点（3-17）闭合，为再次按动按钮 SB（1-3）做准备；KA_1 的两组常开触点（25-27、29-31）均闭合，接通交流接触器 KM_1 线

圈电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（25-27）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，接通电动机定子三相电源，电动机转子绕组串入三级电阻 R_1、R_2、R_3 开始起动。松开按钮 SB（1-3）后，中间继电器 KA_1 线圈断电释放，为第二次按下按钮 SB 做准备。

2. 第二级起动

随着电动机转速的提高，第二次按动按钮 SB（1-3），中间继电器 KA_2 线圈得电吸合，KA_2 常开触点（3-17）闭合自锁；串联在 KA_1 线圈回路中的 KA_2 常闭触点（5-7）断开，起到互锁作用；串联在 KA_4 线圈回路中的 KA_2 常闭触点（3-13）断开，起互锁作用；串联在 KA_3 线圈回路中的 KA_2 常闭触点（1-21）断开，KA_3 线圈断电释放，为第三次按动按钮 SB（1-3）做准备；KA_2 的另外两组常开触点（27-29、31-33）均闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（25-27）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，将转子电阻器 R_1 短接，电动机转子绕组串入电阻 R_2、R_3 开始加速。松开按钮 SB（1-3）后，中间继电器 KA_2 线圈断电释放，为第三次按下按钮 SB（1-3）做准备。

3. 第三级起动

随着电动机转速的进一步提高，第三次按动按钮 SB（1-3），中间继电器 KA_1 线圈得电吸合，KA_1 常开触点（3-5）闭合自锁；串联在 KA_2 线圈回路中的 KA_1 常闭触点（17-19）断开，起到互锁作用；串联在 KA_3 线圈回路中的 KA_1 常开触点（21-23）闭合自锁，KA_3 常闭触点（3-5）断开，KA_3 常开触点（3-17）闭合，为再次按动按钮 SB（1-3）做准备；KA_1 的另外两组常开触点（25-27、29-31）均闭合，串联在交流接触器 KM_3 线圈回路中的 KA_1 常开触点（29-31）闭合，交流接触器 KM_3 线圈回路电源接通，KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（29-31）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将转子电阻器 R_2 短接，电动机转子绕组串入电阻 R_3 进一步加速。松开按钮 SB（1-3）后，中间继电器 KA_1 线圈断电释放，为第四次按下按钮 SB 做准备。

4. 全压运转

随着电动机转速的再次提高，第四次按动按钮 SB（1-3），中间继电器 KA_2 线圈得电吸合，KA_2 常开触点（3-17）闭合自锁；串联在 KA_1 线圈回路中的 KA_2 常闭触点（5-7）断开，起到互锁作用；串联在 KA_4 线圈回路中的 KA_2 常闭触点（3-13）断开，起互锁作用；串联在 KA_3 线圈回路中的 KA_2 常闭触点（1-21）断开，KA_3 线圈断电释放，为第五次按动按钮 SB（1-3）做准备；KA_2 的另外两组常开触点（27-29、31-33）均闭合，接通交流接触器 KM_4 线圈电源，KM_4 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（31-33）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，将转子电阻器 R_1、R_2、R_3 全部短接，电动机转速升至额定转速。松开按钮 SB（1-3）后，中间继电器 KA_2 线圈断电释放。在交流接触器 KM_4 线圈得电吸合的同时，

KM_4 辅助常闭触点（9-11）断开，为停止时防止电动机起动做互锁保护；KM_4 辅助常开触点（13-15）闭合，等待第五次按动按钮 SB（1-3）停止电动机做准备。

5. 停止

第五次按下按钮 SB（1-3）时，中间继电器 KA_4 线圈在交流接触器 KM_4 辅助常开触点（13-15）的作用（早已闭合）下得电吸合，KA_4 常开触点（13-15）闭合自锁；串联在交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3、KM_4 线圈回路中的 KA_4 常闭触点（1-25）断开，切断 KM_1、KM_2、KM_3、KM_4 线圈电源，使其线圈全部断电释放，所有各自的三相主触点均断开，电动机失电而停止运转。松开按钮 SB（1-3）后，中间继电器 KA_4 线圈断电释放，为重新起动电动机做准备。

★电路 160　安全可靠的手动按钮控制转子绕组三级串电阻起动控制电路

本电路在各起动回路中分别串接了上一级起动按钮的常闭触点，保证起动时不会出现因同时按下多只或全部起动按钮而造成不按顺序逐级起动，从而杜绝全压直接起动事故的发生。

电路如图 4-25 所示。合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，停止兼电源指示灯 HL_2 亮，说明电源正常。起动时，需按顺序逐个按下起动按钮 SB_2、SB_3、SB_4、SB_5，电动机才能完成转子绕组电阻逐级起动。

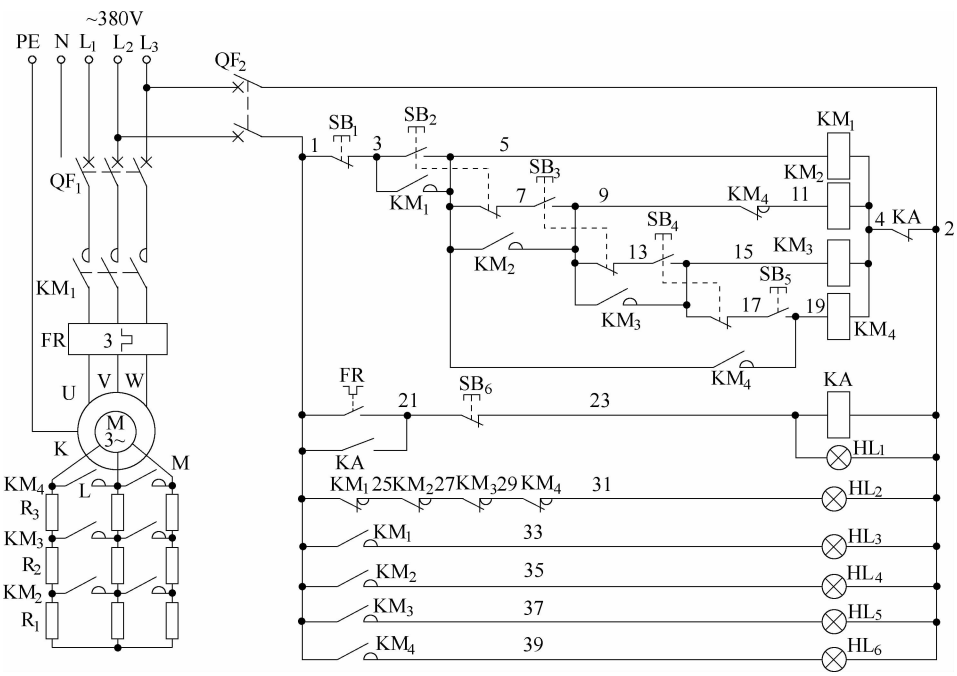


图 4-25　安全可靠的手动按钮控制转子绕组三级串电阻起动控制电路

1. 第一级起动

按下起动按钮 SB_2，串联在下一级起动按钮 SB_3 起动控制回路中的 SB_2 的一组常闭触点（5-7）断开，保证在上一级未起动之前按下下一级任何起动按钮均无效，从而保证起动安全可靠；SB_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，接通电动机定子绕组回路电源，电动机转子回路串入三级电阻 R_1、R_2、R_3 起动。KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 辅助常闭触点（1-25）断开，指示灯 HL_2 灭；KM_1 辅助常开触点（1-33）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机开始起动了。

2. 第二级起动

经过一段时间（根据经验确定）后，按下起动按钮 SB_3，串联在下一级起动按钮 SB_4 起动控制回路中的 SB_3 的一组常闭触点（9-13）断开，保证在上一级未起动之前按下下一级任何起动按钮均无效，从而保证起动安全可靠；SB_3 的另一组常开触点（7-9）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（5-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，KM_2 三相主触点将第一级电阻器 R_1 短接，使电阻器 R_1 退出运行。这样，电动机转子回路串入的电阻减小了，电动机转速开始逐渐提高。KM_2 线圈得电吸合后，KM_2 辅助常闭触点（25-27）断开，指示灯 HL_2 仍然熄灭；KM_2 辅助常开触点（1-35）闭合，指示灯 HL_4 被点亮，说明电动机加速起动了。

3. 第三级起动

又经过一段时间后，按下起动按钮 SB_4，串联在下一级起动按钮 SB_5 起动控制回路中的 SB_4 的一组常闭触点（15-17）断开，保证在上一级未起动之前按下下一级起动按钮 SB_5 无效，从而保证起动安全可靠，SB_4 的另一组常开触点（13-15）闭合，交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（9-15）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，KM_3 三相主触点将第二级电阻器 R_2 短接，使电阻器 R_2 退出运行。这样，电动机转子回路串入的电阻又减小了，电动机转速进一步提高。KM_3 线圈得电吸合后，KM_3 辅助常闭触点（27-29）断开，指示灯 HL_2 仍然熄灭；KM_3 辅助常开触点（1-37）闭合，指示灯 HL_5 被点亮，说明电动机进一步加速起动了。

4. 全压运转

再经过一段时间后，按下起动按钮 SB_5（17-19），交流接触器 KM_4 线圈得电吸合，KM_4 辅助常开触点（5-19）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，KM_4 三相主触点将最后一级电阻 R_3 短接，电动机转子电阻被全部切除，电动机转速升至额定转速。KM_4 线圈得电吸合后，KM_4 辅助常闭触点（9-11）断开，切断交流接触器 KM_2、KM_3 线圈电源，使 KM_2、KM_3 线圈断电释放，以节省电能消耗。同时，KM_4 辅助常闭触点（29-31）断开，使指示灯 HL_2 不能被点亮；KM_4 辅助

常开触点（1-39）闭合，指示灯 HL_6 被点亮，说明电动机转子回路电阻已全部被短接，电动机全压运转。

★电路 161　绕线转子电动机转子绕组三级串对称电阻手动起动控制电路

电路如图 4-26 所示。合上主回路断路器 QF_1 和控制回路断路器 QF_2，停止兼作电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常，电路处于热备用状态。

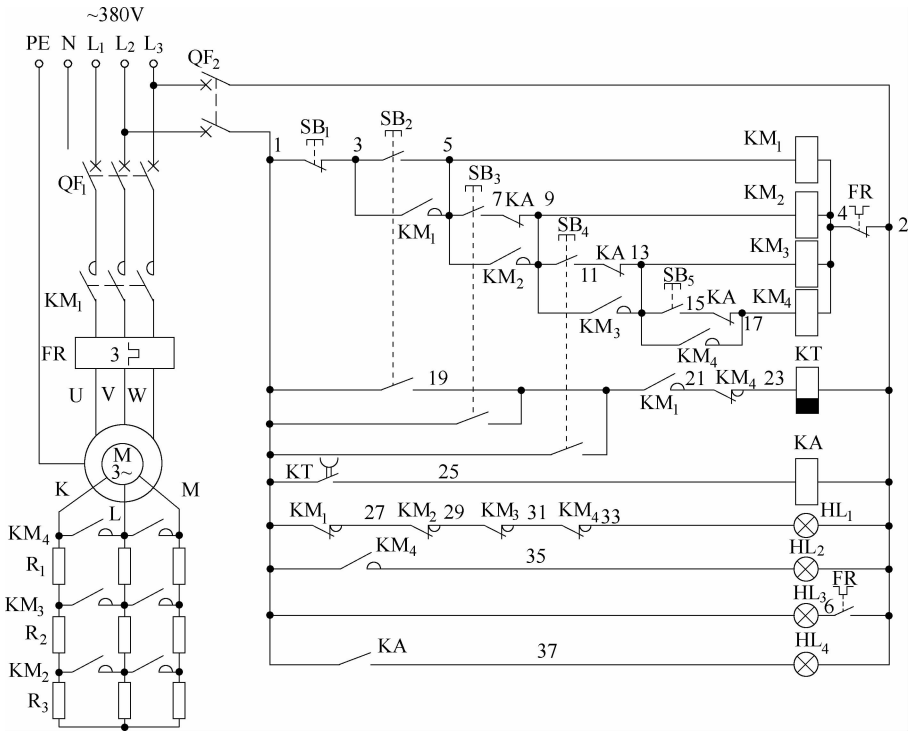


图 4-26　绕线转子电动机转子绕组三级串对称电阻手动起动控制电路

1. 第一级起动

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一级常开触点（3-5）闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，接通绕线转子电动机定子三相电源。电动机转子回路中串入三级电阻 R_1、R_2、R_3 进行减压起动。与此同时，起动按钮 SB_2 的另一组常开触点（1-19）闭合，与已闭合的交流接触器 KM_1 的常开触点（19-21）一起串联接通失电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈得电吸合，KT 失电延时断开的常开触点（1-25）瞬时闭合，接通中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 线圈得电吸合，KA 所有常闭触点（7-9、11-13、15-17）断开、KA 常开触点（1-37）闭合。

松开起动按钮 SB_2 后，SB_2 的两组常开触点（3-5、1-19）断开。SB_2 的一组常开触点（1-19）断开，切断失电延时的时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈断电释放并开始延时。经 KT 延时后，串联在中间继电器 KA 线圈回路中的 KT 失电延时断开的常开触点（1-25）恢复常开状态，KA 线圈断电释放，KA 触点恢复原始状态，为进一步手动加速操作提供条件。

交流接触器 KM_1 线圈得电吸合动作后，停止兼作电源指示灯 HL_1 灭，起动过程指示灯 HL_4 亮，说明电动机正在进行减压起动。当起动过程指示灯 HL_4 灭时，说明已完成了一个起动过程，可进行下一步起动操作。需要指出的是，起动按钮 SB_2、SB_3、SB_4 常开触点（1-19、1-19、1-19）、失电延时时间继电器 KT、中间继电器 KA 组成防误无间隔操作保护，即防止连续快速加速操作及同时按下起动按钮 SB_2、SB_3、SB_4、SB_5 时而全压起动。在按下 SB_2 并松开后，KT 延时时间结束前，按动 SB_3、SB_4、SB_5 中任意一个加速起动按钮均无效，从而起到保护作用。

2. 第二级起动

按下起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常开触点（5-7）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（5-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，将转子回路电阻 R_3 短接切除，电动机开始加速。与此同时，起动按钮 SB_3 的另一组常开触点（1-19）闭合，又一次接通失电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈得电吸合，KT 失电延时断开的常开触点（1-25）瞬时闭合，接通中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 线圈得电吸合，KA 所有常闭触点（7-9、11-13、15-17）断开、KA 常开触点（1-37）闭合。

松开起动按钮 SB_3 后，SB_3 的两组常开触点（5-7、1-19）断开。SB_3 的一组常开触点（1-19）断开，切断失电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈断电释放并开始延时。经 KT 延时后，串联在中间继电器 KA 线圈回路中的 KT 失电延时断开的常开触点（1-25）恢复常开状态，KA 线圈断电释放，KA 触点恢复原始状态，为再进一步手动加速操作提供条件。

在按下起动按钮并松开后，中间继电器 KA 线圈断电释放，中间继电器 KA 常开触点（1-37）闭合，使起动过程指示灯 HL_4 点亮，说明电动机正在进行减压起动；起动结束后，起动过程指示灯 HL_4 灭，说明又完成了一个起动过程，可进行下一步操作。

3. 第三级起动

按下起动按钮 SB_4，SB_4 的一组常开触点（9-11）闭合，接通交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（9-13）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将转子回路电阻 R_2 短接切除，电动机又进一步加速。与此同时，起动按钮 SB_4 的另一组常开触点（1-19）闭合，再次接通失电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈得电吸合，KT 失电延时断开的常开触点（1-

25）瞬时闭合，接通中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 线圈得电吸合，KA 所有常闭触点（7-9、11-13、15-17）断开、KA 常开触点（1-37）闭合。

松开起动按钮 SB_4 后，SB_4 的两组常开触点（9-11、1-19）断开。SB_4 的一组常开触点（1-19）断开，切断失电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈断电释放并开始延时。经 KT 延时后，串联在中间继电器 KA 线圈中的 KT 失电延时断开的常开触点（1-25）恢复原始状态，为再进一步手动加速操作提供条件。

在按下起动按钮并松开后中间继电器 KA 线圈断电释放，中间继电器 KA 常开触点（1-37）闭合，使起动过程指示灯 HL_4 点亮，说明电动机正在进行减压起动；起动结束后，起动过程指示灯 HL_4 灭，说明又完成了一个起动过程，可进行下一步操作。

4. 全压运转

按下起动按钮 SB_5（13-15），交流接触器 KM_4 线圈得电吸合，KM_4 辅助常开触点（13-17）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，将转子回路最后一级电阻 R_1 切除，电动机加速至额定转速。至此，整个起动过程结束。在 KM_4 吸合的同时，运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机已全压运转了。

★电路 162　具有手动自动功能的转子绕组三级串电阻起动控制电路

电路如图 4-27 所示。合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. 手动起动

将自动/手动选择开关 SA 置于手动位置，中间继电器 KA 及得电延时时间继电器 KT_1 ~ KT_3 线圈回路被切断，不能得电工作；分别串联在 SB_3、SB_4、SB_5 起动回路中的 KA 常闭触点（11-17、21-23、27-29）均处于常闭状态，为手动控制提供条件。

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机定子绕组接入三相交流 380V 电源，转子串入电阻 R_1、R_2、R_3 起动运转。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-31）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-39）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机转子串入电阻 R_1、R_2、R_3 进行减压起动了。

经过一段时间后，按下起动按钮 SB_3（15-17），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（5-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，将电动机转子电阻 R_1 短接，使转子回路电阻减小，电动机开始加速起动。同时，KM_2 辅助常闭触点（31-33）断开，指示灯 HL_1 继续熄灭；KM_2 辅助常开触点（1-41）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机转子串入电阻 R_2、R_3 加速起动了。

又经过一段时间后，按下起动按钮 SB_4（19-21），交流接触器 KM_3 线圈得电

吸合，KM_3 辅助常开触点（11-23）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将电动机转子电阻 R_2 也短接，使转子回路电阻又一次减小，电动机进一步加速起动。同时，KM_3 辅助常闭触点（33-35）断开，指示灯 HL_1 继续熄灭；KM_3 辅助常开触点（1-43）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机转子串入电阻 R_3 又一次加速起动了。

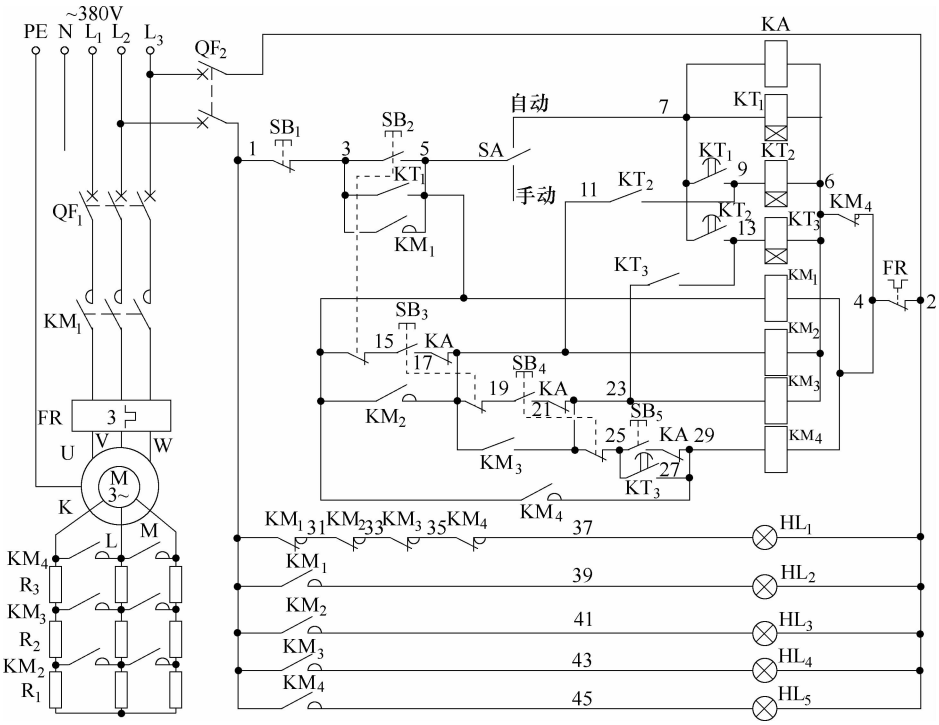


图 4-27　具有手动自动功能的转子绕组三级串电阻起动控制电路

再经过一段时间后，按下起动按钮 SB_5（25-27），交流接触器 KM_4 线圈得电吸合，KM_4 辅助常开触点（25-29）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，将电动机转子电阻全部短接，电动机转速升至额定转速。同时，KM_4 辅助常闭触点（35-37）断开，指示灯 HL_1 仍然熄灭；KM_4 辅助常开触点（1-45）闭合，指示灯 HL_5 亮，说明电动机起动结束，正以额定转速运转。至此，整个手动起动过程结束。

欲停止时，按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3、KM_4 线圈均断电释放，电动机失电停止运转。同时指示灯 HL_2、HL_3、HL_4、HL_5 灭，指示灯 HL_1 亮，说明电动机已停止运转。

2. 自动起动

将自动/手动选择开关 SA 置于自动位置（5-7），中间继电器 KA、得电延时时间继电器 KT_1 线圈均得电吸合，KT_1 不延时瞬动常开触点（3-5）闭合自锁且 KT_1 开始延时；分别串联在 SB_3、SB_4、SB_5 起动回路中的 KA 常闭触点（11-17、21-23、27-29）均断开，为防止同时自动、手动起动而出现误起动。此时，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合，与 KT_1 不延时瞬动常开触点（3-5）并联形成双重自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机定子绕组接入三相交流 380V 电源，转子串入电阻 R_1、R_2、R_3 开始起动。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-31）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-39）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机转子串入电阻 R_1、R_2、R_3 开始起动了。

经 KT_1 延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（7-9）闭合，得电延时时间继电器 KT_2 线圈也得电吸合，KT_2 也开始延时；KT_2 不延时瞬动常开触点（9-11）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（5-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，将电动机转子电阻 R_1 短接，使转子回路电阻减小，电动机开始加速起动。同时，KM_2 辅助常闭触点（31-33）断开，指示灯 HL_1 继续熄灭；KM_2 辅助常开触点（1-41）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机转子串入电阻 R_2、R_3 加速起动了。

经 KT_2 延时后，KT_2 得电延时闭合的常开触点（7-13）闭合，得电延时时间继电器 KT_3 线圈得电吸合，KT_3 开始延时；KT_3 不延时瞬动常开触点（13-23）闭合，交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（11-23）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将电动机转子电阻 R_2 也短接，使转子回路电阻又一次减小，电动机进一步加速起动。同时，KM_3 辅助常闭触点（33-35）断开，指示灯 HL_1 继续熄灭；KM_3 辅助常开触点（1-43）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机转子串入电阻 R_3 又一次加速起动了。

经 KT_3 延时后，KT_3 得电延时闭合的常开触点（25-29）闭合，交流接触器 KM_4 线圈得电吸合，KM_4 辅助常开触点（5-29）闭合自锁，KM_4 三相主触点闭合，将电动机转子电阻全部短接，电动机转速升至额定转速。同时，KM_4 辅助常闭触点（35-37）断开，指示灯 HL_1 仍然熄灭；KM_4 辅助常开触点（1-45）闭合，指示灯 HL_5 亮，说明电动机起动结束，正以额定转速运转。至此，整个自动起动过程结束。

五、制动控制电路

★电路 163　电磁制动器制动控制电路

电磁制动器制动控制电路如图 5-1 所示。

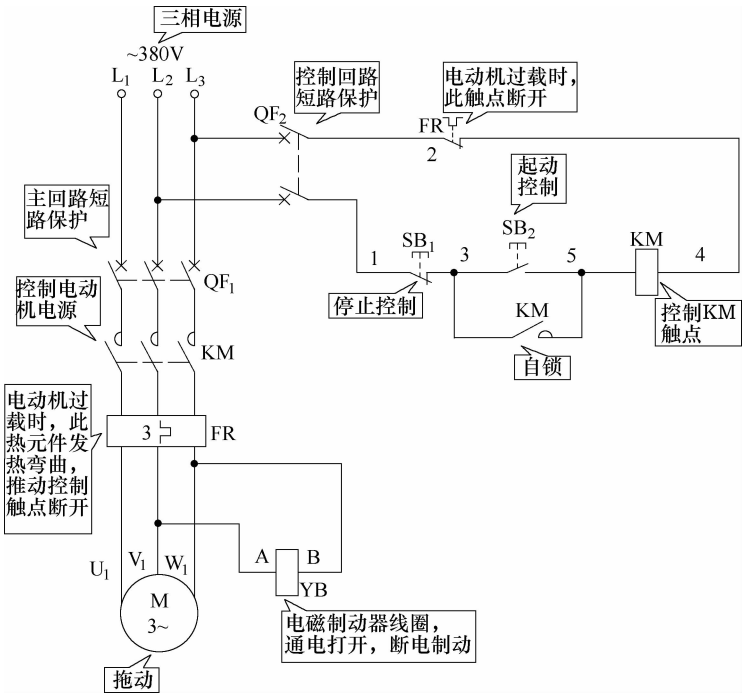


图 5-1　电磁制动器制动控制电路

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电磁制动器线圈得电松制动打开，电动机得电起动运转。

2. 停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转且电磁制动器线圈失电，其机械部分对电动机进行制动。

★电路 164　改进的电磁制动器制动电路

改进的电磁制动器制动电路如图 5-2 所示。

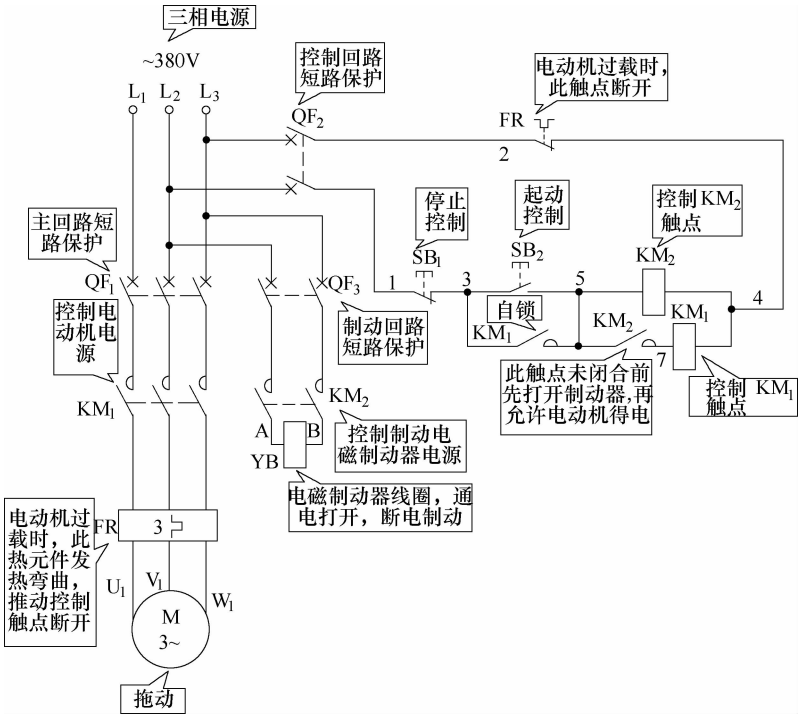


图 5-2　改进的电磁制动器制动电路

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

本电路的优点是，通电时先给制动电磁制动器通电，使电磁制动器先瞬间打开，然后立即给电动机绕组通电，使其正常运转工作，以此解决电动机因电磁制动器问题而造成的堵转现象。

1. 起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，使电磁制动器 YB 先得电打开；与此同时，KM_2 串联在交流接触器 KM_1 线圈回路中的辅助常开触点（5-7）闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1、KM_2 各自的辅助常开触点（3-5、5-7）同时闭合共同形成自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正常运转，拖动设备工作。

2. 停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1、KM_2 线圈均断电释放，KM_1、

KM_2 各自的三相主触点均断开，电动机失电停止运转，制动电磁制动器断电制动。

★电路 165　双向运转反接制动控制电路

双向运转反接制动控制电路如图 5-3 所示。

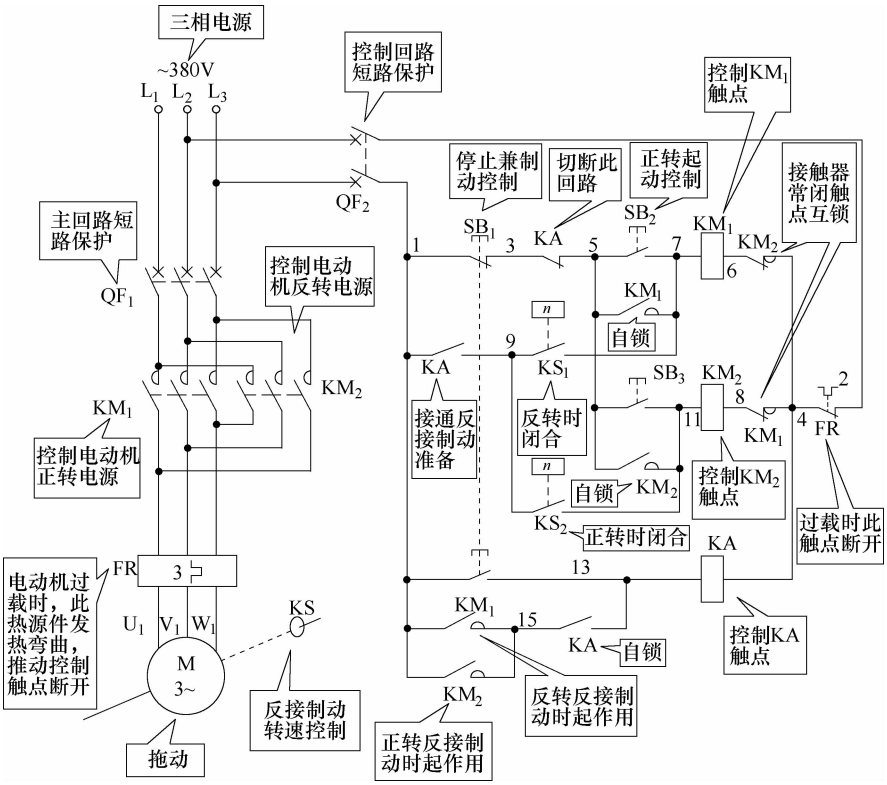


图 5-3　双向运转反接制动控制电路

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 正转起动运转

按下正转起动按钮 SB_2（5-7），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转了。当电动机转速大于 120r/min 时，速度继电器 KS 动作，KS_2 常开触点（9-11）闭合，为反接制动做准备。

在 KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 加在中间继电器 KA 线圈回路中的辅助常开触点（1-15）闭合，为正转反接制动做准备。

2. 正转自由停车

轻轻按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，使交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转停止运转，电动机处于无制动自由停车状态。由于 SB_1 的常开触点（1-13）行程大于 SB_1 的常闭触点（1-3），所以轻轻按下时，其常开触点（1-13）不会闭合。

3. 正转反接制动

当电动机正转起动运转后，欲进行反接制动，则将停止按钮 SB_1 按到底，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电仍靠惯性继续转动。同时，SB_1 的一组常开触点（1-13）闭合，接通了中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（13-15）闭合自锁，KA 串联在速度继电器常开触点（7-9、9-11）回路中的常开触点（1-9）闭合，为电动机反接制动提供控制准备条件。此时，速度继电器 KS_2 控制常开触点（9-11）仍处于闭合状态，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转，使电动机在刚刚正转失电停止后又突然反加上反相序的三相电源，从而使电动机的转速迅速降下来。当电动机的转速低至 100r/min 时，速度继电器 KS_2 常开触点（9-11）恢复常开状态，使交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转。至此，完成正转运转反接制动过程。

4. 反转起动运转

按下反转起动按钮 SB_3（5-11），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（5-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转了。当电动机转速大于 120r/min 时，速度继电器 KS 动作，其 KS_1 常开触点（7-9）闭合，为反接制动做准备。

在 KM_2 线圈得电吸合后，KM_2 加在中间继电器 KA 线圈回路中的辅助常开触点（1-15）闭合，为反转反接制动做准备。

5. 反转自由停车

轻轻按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转停止运转，电动机处于无制动自由停车状态。

6. 反转反接制动

电动机反转起动运转后，欲进行反接制动，需将停止按钮 SB_1 按到底，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电仍靠惯性继续转动；同时 SB_1 的另一组常开触点（1-13）闭合，接通了中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（13-15）闭合自锁，KA 串联在速度继电器常开触点（7-9、9-11）回路中的常开触点（1-9）闭合，为电动机反接制动提供准备条件。此时，速度继电器 KS_1 控制常开触点（7-9）仍处于闭合状态，使交流接触器

KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转，使电动机在刚刚反转失电停止后又突然反加上正相序的三相电源，从而使电动机的转速迅速降下来。当电动机的转速低至 100r/min 时，速度继电器 KS_1 常开触点（7-9）恢复常开状态，使交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止运转。至此，完成反转运转反接制动过程。

★电路 166　简单实用的可逆能耗制动控制电路

图 5-4 所示为简单实用的可逆能耗制动控制电路。

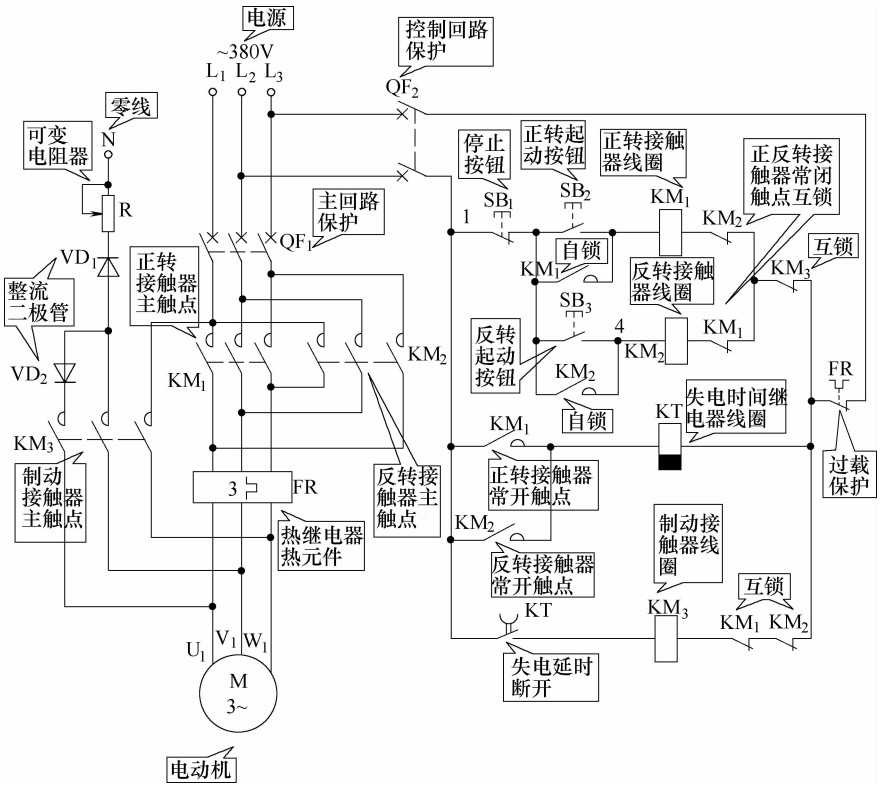


图 5-4　简单实用的可逆能耗制动控制电路

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正向运转。同时 KM_1 辅助常开触点闭合，失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 失电延时断开的常开触点瞬时闭合，为能耗制动控制交流接触器 KM_3 线圈工作做准备（因串联在交流接触器 KM_1 线圈回路中的常闭触点已断开）。

2. 正转能耗制动

按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电仍靠惯性继续转动。KM_1 辅助常开触点断开，失电延时时间继电器 KT 线圈失电释放，KT 失电延时断开的常开触点开始延时，KM_1 串联在 KM_3 线圈回路中的常闭触点恢复常闭，此时交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 三相主触点闭合，使直流电电源通入电动机绕组内产生静止磁场，使电动机迅速停止下来，KT 延时结束，KM_3 线圈断电释放，KM_3 主触点断开，解除能耗制动。

★电路 167　单向运转反接制动控制电路（一）

单向运转反接制动控制电路（一）如图 5-5 所示。

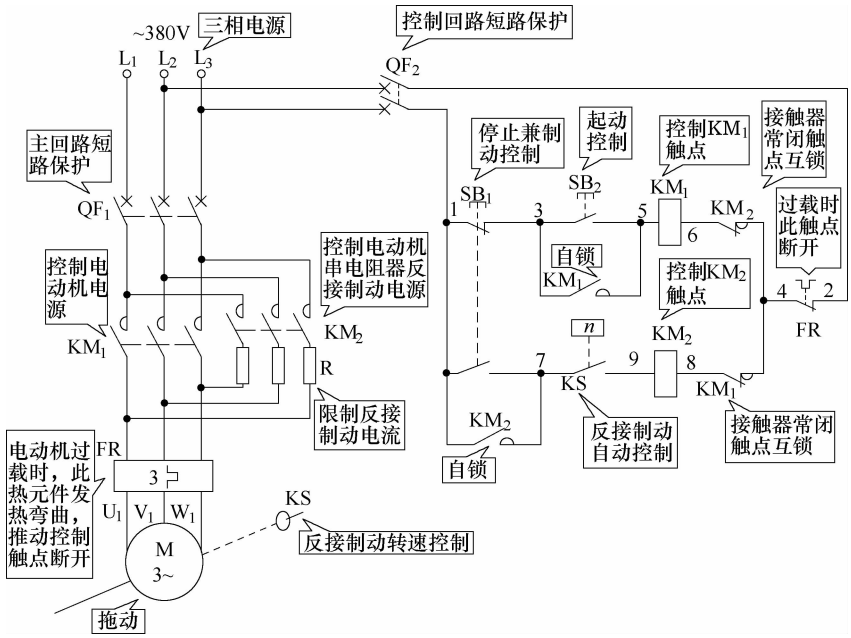


图 5-5　单向运转反接制动控制电路（一）

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，同时 KM_1 串联在制动用交流接触器 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（4-8）断开，对制动控制电路进行互锁；在 KM_1 线圈得电吸合的同时，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。当电动机的转速升至 120r/min 后，速度继电器 KS 常开触点（7-9）闭合，为停止时反接制动做准备。

2. 制动

将停止兼制动按钮 SB_1 按到底，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电仍靠惯性继续转动。与此同时，SB_1 的另外一组常开触点（1-7）闭合，注意由于 KM_1 线圈已断电释放，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的互锁辅助常闭触点（4-8）恢复常闭状态，此时交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（1-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，串联限流电阻器 R 对电动机进行反接制动，使电动机迅速停止下来，当电动机的转速低至 100r/min 时，速度继电器 KS 常开触点（7-9）断开，切断了反接制动交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机反接制动电源解除，从而完成反接制动控制。

3. 自由停机

轻轻按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电仍靠惯性继续转动，处于自由停机状态。

★电路 168　单向运转反接制动控制电路（二）

单向运转反接制动控制电路（二）如图 5-6 所示。

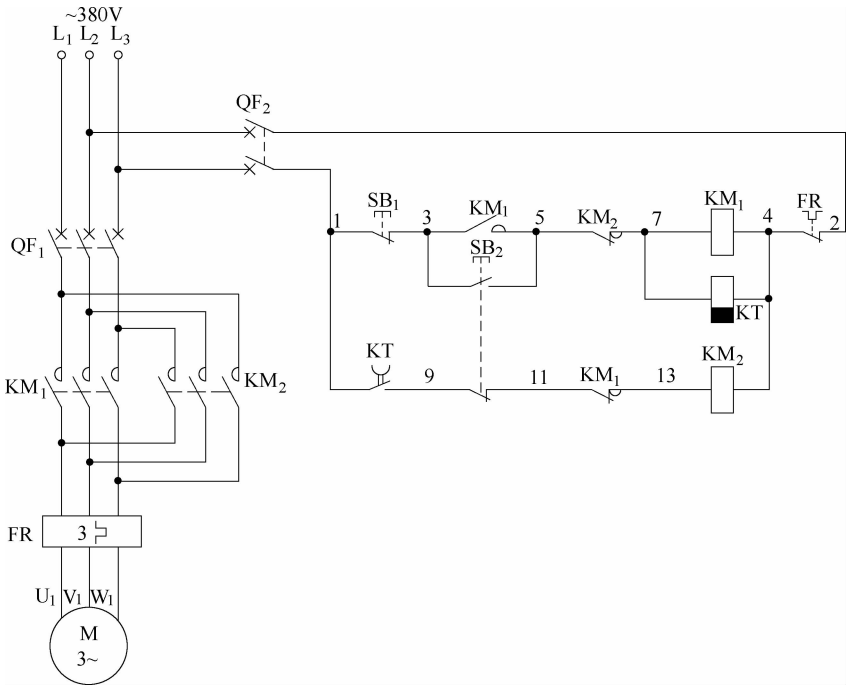


图 5-6　单向运转反接制动控制电路（二）

起动时，按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（11-13）断开，切断 KM_2 线圈的回路电源，起动互锁保护作用；SB_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，接通了交流接触器 KM_1 和失电延时时间继电器 KT 线圈的回路电源，KM_1、KT 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。在 KT 线圈得电吸合后，KT 失电延时断开的常开触点（1-9）立即闭合，为制动时延时切除 KM_2 线圈回路电源做准备。

制动时，按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 和失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放，KT 开始延时；KM_1 三相主触点断开，电动机失电但仍靠惯性继续转动；此时 KM_1 辅助常闭触点（11-13）恢复常闭，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得以反向电源而转速骤降，从而对电动机进行反接制动控制。经 KT 一段延时后，KT 失电延时断开的常开触点（1-9）断开，切断交流接触器 KM_2 线圈的回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，解除了通入电动机绕组的反接制动电源，反接制动过程结束。

★电路 169　全波整流可逆能耗制动控制电路

有些生产工艺设备要求电动机在停止时有制动控制，从而保证电动机快速停止下来。图 5-7 所示为全波整流可逆能耗制动控制电路。

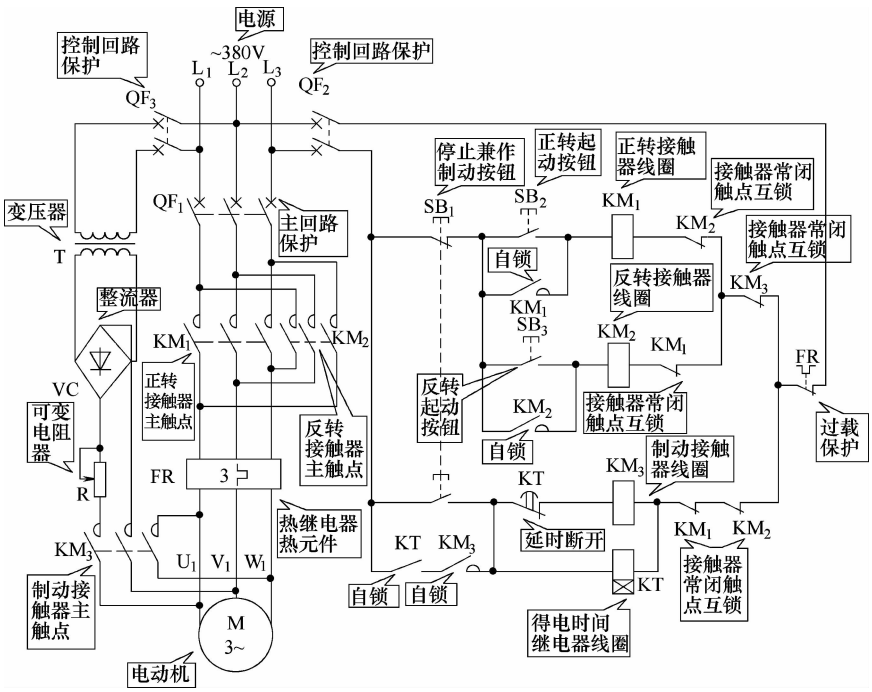


图 5-7　全波整流可逆能耗制动控制电路

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运行。

2. 正转能耗制动

将停止按钮 SB_1 按到底，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机断电脱离三相交流电源，但仍惯性运转，此时，制动交流接触器 KM_3、时间继电器 KT 线圈得电吸合，KM_3 接通直流电源，通入电动机定子绕组，产生一静止磁场，使电动机快速停止下来，从而完成正转快速制动。经延时后，KT 得电延时断开的常闭触点断开，切断了 KM_3、KT 线圈电源，KM_3 主触点断开，电动机能耗制动结束。

3. 正转自由停机

轻轻按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，发动机断电，但由于惯性作用，不能立即停止下来，在短时间内缓慢停止。

4. 反转起动

按下反转起动按钮 SB_3，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运行。

5. 反转能耗制动

将停止按钮 SB_1 按到底，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机断电脱离三相交流电源，但仍惯性运转，此时，制动交流接触器 KM_3、时间继电器 KT 线圈得电吸合，KM_3 接通直流电源，通入电动机定子绕组，产生一静止磁场，使电动机快速停止下来，从而完成反转快速制动。经延时后，KT 得电延时断开的常闭触点断开，切断了 KM_3、KT 线圈电源；KM_3 主触点断开，电动机能耗制动结束。

6. 反转自由停机

轻轻按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_2 线圈断电，即可实现反转停机。

★电路 170　全波整流单向能耗制动控制电路

图 5-8 所示为全波整流单向能耗制动控制电路。

起动时，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

欲自由停车，则轻轻按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电处于自由停车状态，也就是电动机虽然断电但仍在惯性的作用下逐渐缓慢地停止下来。

欲需制动停车，则需将停止按钮 SB_1 按到底，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电处于自由停车状态；同时，SB_1 常开触点

闭合，交流接触器 KM_2 线圈和时间继电器 KT 线圈同时得电吸合且 KM_2、KT 常开触点闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，接通直流电源，从而使电动机在直流电源的作用下产生静止制动磁场使电动机快速停止下来。经 KT 延时后，自动切断制动控制回路电源，电动机制动过程结束。

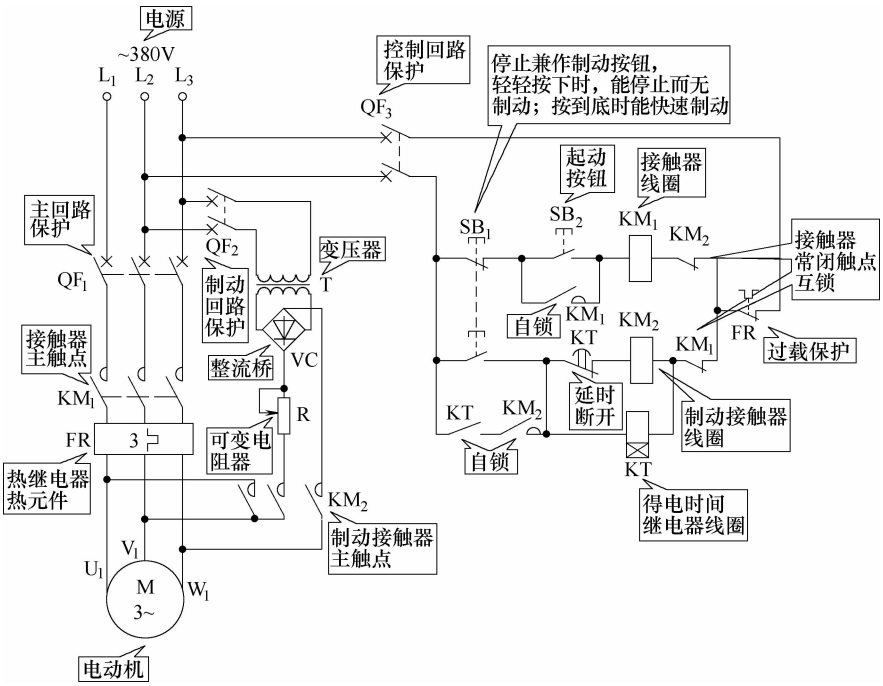


图 5-8　全波整流单向能耗制动控制电路

★电路 171　半波整流可逆能耗制动控制电路

在电动机脱离三相电源后，给定子绕组内加一直流电源，使其产生静止磁场，让靠惯性仍在继续运转的电动机快速停止下来。这里介绍的是半波整流可逆能耗制动控制电路，如图 5-9 所示。

本电路优点是正反转操作时无须按停止按钮 SB_1 即可完成；除了能耗制动外，在停止时只要轻轻按下停止按钮 SB_1，电动机为惯性自动停机；从控制互锁看，具有按钮常闭触点互锁和交流接触器常闭触点互锁，可谓双重互锁，安全可靠，为首选控制电路。

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运行。为保证在操作时，防止正反转按钮同时按下造成主回路发生相间短路，在正转操作时，SB_2 串联在反转交流接触器 KM_2 线

圈回路中的常闭触点先断开，切断了 KM_2 线圈回路，完成按钮常闭触点互锁，当交流接触器 KM_1 吸合后，KM_1 串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点断开，完成接触器常闭触点互锁。

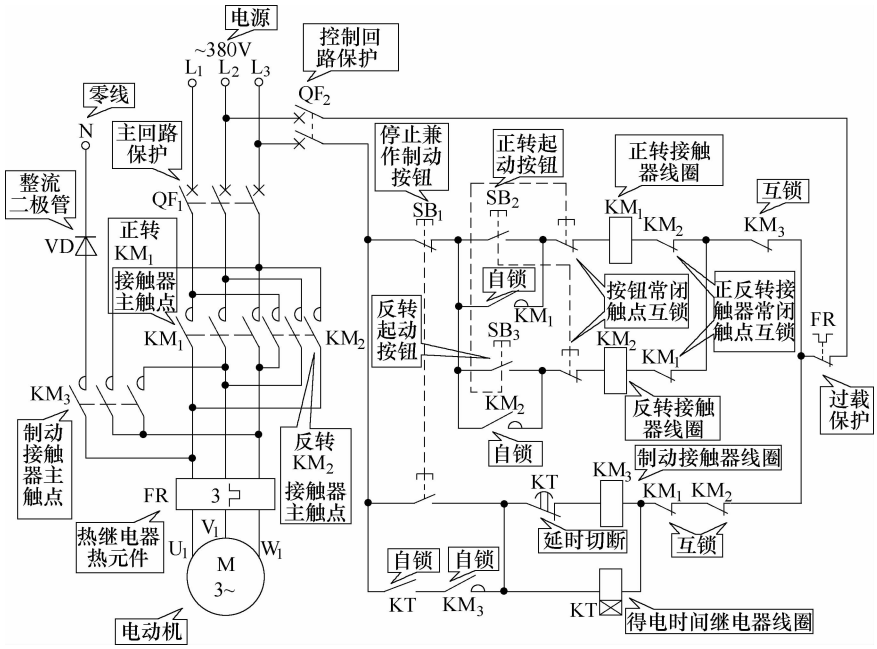


图 5-9　半波整流可逆能耗制动控制电路

2. 反转起动

无须按下停止按钮 SB_1 可直接操作反转起动按钮 SB_3，此时，SB_3 常闭触点先断开，切断了正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机脱离三相电源而停止运转。由于正转交流接触器 KM_1 辅助常闭触点恢复常闭状态，为反转起动做准备，这时，SB_3 常开触点已闭合，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机反转运转。

注意：在未按下停止按钮 SB_1 而直接进行正反转操作时，为自由停机，无能耗制动。

3. 正、反转能耗制动

无论正转还是反转停止，只要将停止按钮 SB_1 按到底，正转或反转交流接触器 KM_1 或 KM_2 线圈断电，使电动机脱离电源，此时交流接触器 KM_3、时间继电器 KT 线圈得电吸合且自锁，KM_3 主触点闭合，将直流电源通入电动机定子绕组中产生静止磁场，从而使电动机快速停止下来。从按下停止按钮 SB_1 到电动机停

止，为 KT 延时时间，KT 延时结束后，将 KM_3、KT 线圈断开，KM_3 主触点断开，能耗制动结束。

★电路 172　半波整流单向能耗制动控制电路

很多控制设备要求在停机时有快速制动功能。图 5-10 所示电路在轻轻放下停止按钮 SB_1 时，由于能耗制动电路不工作，电动机处于自由停机操作；在按下停止按钮 SB_1（按到底）时，能耗制动电路工作，电动机快速制动停止。

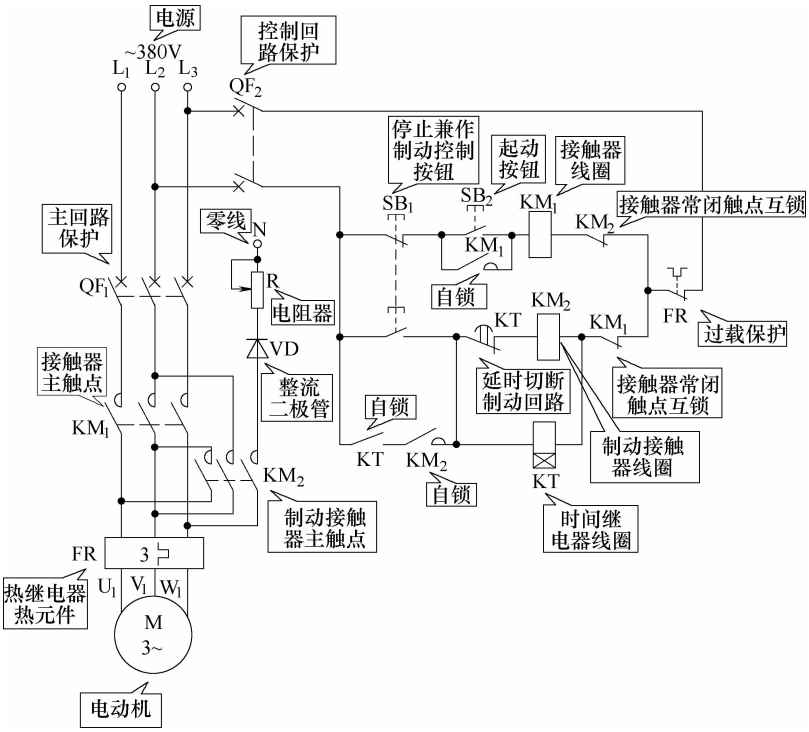


图 5-10　半波整流单向能耗制动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正常起动运转。

欲快速制动时，则将停止按钮 SB_1 按到底，首先 SB_1 常闭触点断开，切断了 KM_1 线圈电源，电动机失电处于自由停机状态，同时，SB_1 常开触点闭合，使制动交流接触器 KM_2 和时间继电器 KT 线圈得电吸合且自锁，KM_2 主触点闭合，将整流二极管 VD 接入电动机绕组产生静止磁场，进行能耗制动；电动机进入快速制动状态。经 KT 延时后，KT 延时断开的常闭触点断开，切断了 KM_2 线圈电源，KM_2、KT 线圈断电释放，解除制动。

★电路 173　直流能耗制动控制电路

有很多小功率电动机，在停止时要求快速停机，如图 5-11 所示，下面介绍一种直流能耗制动电路，特别适合对小功率电动机进行制动控制。

起动前先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_3 以及制动回路断路器 QF_2。

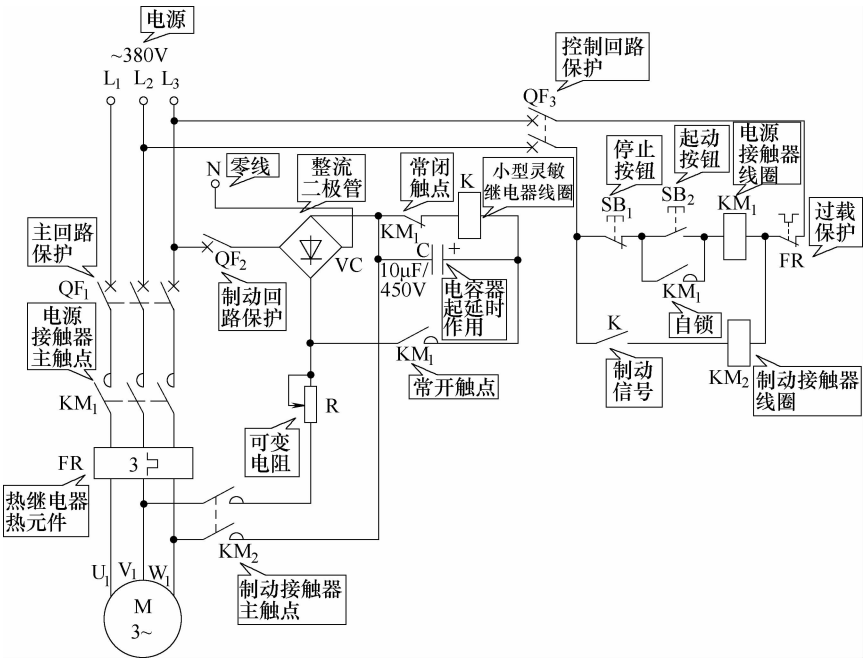


图 5-11　直流能耗制动控制电路

1. 起动

按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。同时 KM_1 辅助常闭触点断开，切断小型灵敏继电器 K 线圈电源，使 K 线圈不能得电吸合；而 KM_1 在制动回路中的辅助常开触点闭合，给电容器 C 充电。

2. 制动

按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，切断了电动机电源，但电动机仍靠惯性继续转动做自由停机；由于 KM_1 辅助常闭触点闭合，使电容器 C 放电，接通了小型灵敏继电器 K 线圈回路电源，K 线圈得电吸合，K 串联在制动交流接触器 KM_2 线圈回路中的常开触点闭合，使制动交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，将直流电源通入电动机绕组内，产生一静止磁场，从而使电动机迅速制动停止下来。在交流接触器

KM_1 辅助常闭触点闭合的同时，电容器 C 对小型灵敏继电器 K 线圈（阻值为 3500Ω）开始放电，当电容器 C 上的电压逐渐降低至最小值时（也就是制动延时时间），小型灵敏继电器 K 线圈断电释放，切断了 KM_2 线圈电源，KM_2 主触点断开，切断直流电源，能耗制动结束。改变电容器 C 的值就改变能耗制动时间。图中整流器 VC 选用四只反向击穿电压大于 500V 的整流二极管，其电流则应通过计算得出（因电动机功率不同，故所需电流制动电流也不相同，需计算得出）。

自由停止控制：将制动断路器 QF_2 断开，制动电源被切除，所以当按下停止按钮 SB_1 时，电动机因失电后仍靠惯性转动而自由停止（无制动控制）。

★电路 174　单管整流能耗制动控制电路

有的机械设备要求在停机时，能迅速将电动机停止下来，那就需要采用制动电路。图 5-12 所示是采用单只整流管能耗制动控制电路。

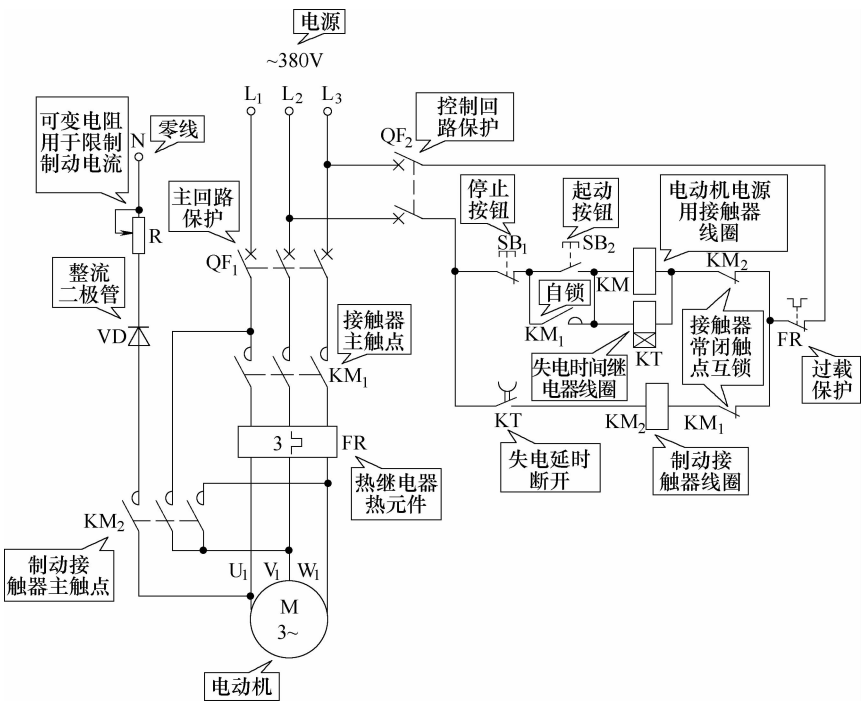


图 5-12　单管整流能耗制动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT 线圈同时得电吸合且 KM_1 自锁，KM_1 辅助常闭触点断开，互锁 KM_2 线圈，以保证 KM_1 工作时 KM_2 线圈不能得电工作，同时 KT 失电延时断开的常开触点闭合，为

停止时 KM_2 制动交流接触器线圈工作做准备，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M 得电运转工作。

制动时，则按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT 线圈失电释放，KM_1 辅助常闭触点恢复常闭状态（此时 KT 失电延时断开的常开触点已闭合），制动交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，将整流二极管 VD 串入电动机绕组中，产生能耗制动作用使电动机迅速停止下来。经 KT 一段延时后，KT 失电延时断开的常开触点断开，切断交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 主触点断开，解除能耗制动，从而完成制动过程。

本电路简单、实用、成本低，适用于 10kW 以下电动机且对制动要求不高的场合。

★电路 175　可逆起动、点动、制动控制电路

电路如图 5-13 所示。

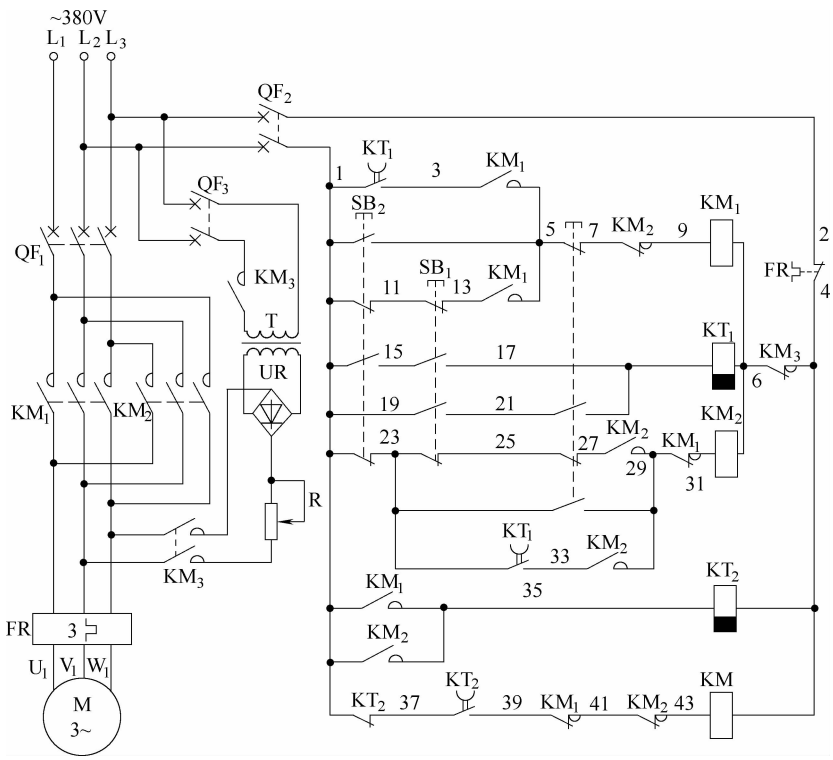


图 5-13　可逆起动、点动、制动控制电路

1. 正转点动

按下按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（1-11）断开，切断自身自锁回路；SB_2 的另一组常开触点（1-5）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转。也就是说，单独按下按钮 SB_2 时为正转点动操作。

2. 正转起动连续运转

同时按下按钮 SB_1 和 SB_2 不松手，交流接触器 KM_1 和失电延时时间继电器 KT_1 线圈均得电吸合，KM_1 的两组用来自锁的辅助常开触点（3-5、5-13）闭合，其中 KM_1 辅助常开触点（3-5）与 KT_1 失电延时断开的常开触点（1-3）组成临时自锁回路。待松开按钮 SB_1 和 SB_2 后，此临时自锁回路将被自动解除，通过 KM_1 的另一组辅助常开触点（5-13）最终形成自锁回路。在松开按钮 SB_1 和 SB_2 时，KT_1 线圈断电释放，KT_1 开始延时，经 KT_1 失电延时断开的常开触点（1-3）断开，解除临时自锁回路。这样，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动连续运转。在 KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 的另一组辅助常开触点（1-35）闭合，接通失电延时时间继电器 KT_2 线圈回路电源，KT_2 线圈得电吸合，KT_2 不延时瞬动常闭触点（1-37）断开，KT_2 失电延时断开的常开触点（37-39）立即闭合，为停止时进行能耗制动做准备。

3. 正转能耗制动

停止时，按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（11-13）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈的自锁回路，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电但仍靠惯性继续转动。与此同时，KM_1 串联在失电延时时间继电器 KT_2 线圈回路中的辅助常开触点（1-35）断开，使 KT_2 线圈断电释放并开始延时，此时 KT_2 不延时瞬动常闭触点（1-37）恢复常闭，使交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 三相主触点闭合，将直流电源通入电动机绕组内，使其产生一静止磁场，电动机被迅速能耗制动停止。经 KT_2 一段延时后，KT_2 失电延时断开的常开触点（37-39）断开，切断 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，切除通入电动机绕组内的能耗制动直流电源，制动过程结束。实际上，KT_2 的延时时间就是能耗制动过程所需的时间，可根据实际情况自行调整，以达到最佳效果。

4. 反转点动

按下按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（25-27）断开，切断自身自锁回路；SB_3 的另一组常开触点（23-29）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转。也就是说，单独按下按钮 SB_3 时为反转点动操作。

5. 反转起动连续运转

同时按下按钮 SB_1 和 SB_3 不松手，交流接触器 KM_2 和失电延时时间继电器 KT_1 线圈均得电吸合，KM_2 的两组用来自锁的辅助常开触点（27-29、29-33）闭合，其中 KM_2 辅助常开触点（29-33）与 KT_1 失电延时断开的常开触点（23-33）组成临时自锁回路。待松开按钮 SB_1 和 SB_3 后，此临时自锁回路将被自动解除，通过 KM_2 的另一组辅助常开触点（27-29）最终形成自锁回路。在松开按钮 SB_1 和 SB_3 时，KT_1 线圈断电释放并开始延时，KT_1 失电延时断开的常开触点（23-33）断开，解除临时自锁回路。这样，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动连续运转。在 KM_2 线圈得电吸合后，KM_2 的另一组辅助常开触点（1-35）闭合，接通失电延时时间继电器 KT_2 线圈回路电源，KT_2 线圈得电吸合，KT_2 不延时瞬动常闭触点（1-37）断开，KT_2 失电延时断开的常开触点（37-39）立即闭合，为停止时进行能耗制动做准备。

6. 反转能耗制动

停止时，按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（23-25）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈的自锁回路，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电但仍靠惯性继续转动。与此同时，KM_2 串联在失电延时时间继电器 KT_2 线圈回路中的辅助常开触点（1-35）断开，使 KT_2 线圈断电释放并开始延时，此时 KT_2 不延时瞬动常闭触点（1-37）恢复常闭，使交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 三相主触点闭合，将直流电源通入电动机绕组内，使其产生一静止磁场，电动机被迅速能耗制动停止。经 KT_2 一段延时后，KT_2 失电延时断开的常开触点（37-39）断开，切断 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，切除通入电动机绕组的能耗制动直流电源，制动过程结束。实际上，KT_2 的延时时间就是能耗制动过程所需的时间，可根据实际情况自行调整，以达到最佳效果。

★电路 176　电动机可逆三相半波整流能耗制动控制电路

电路如图 5-14 所示。

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（13-15）断开，起互锁作用。SB_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，接通了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转。与此同时，KM_1 辅助常闭触点（1-25）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机得电正转起动运转了。在 KM_1 线圈得电吸合的同时，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（9-11）断开，起互锁反转控制回路的作用。

2. 正转制动

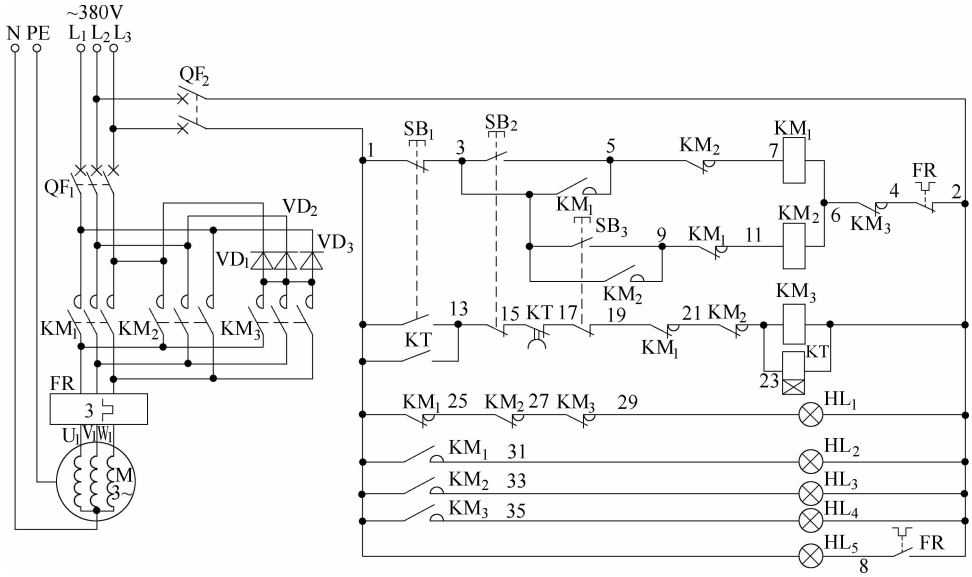


图 5-14　电动机可逆三相半波整流能耗制动控制电路

将停止按钮 SB_1 按到底，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机正转失电但仍靠惯性继续转动。在按下停止按钮 SB_1 的同时，SB_1 的另一组常开触点（1-13）闭合，接通了交流接触器 KM_3 和得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KM_3 和 KT 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（1-13）闭合自锁且 KT 开始延时，KM_3 三相主触点闭合，将三只整流二极管 VD_1、VD_2、VD_3 组成的三相半波整流电流通入电动机绕组中，与电动机绕组丫点连至 N 线中形成回路，使电动机绕组内加入了一静止制动磁场，电动机被迅速制动，从而完成能耗制动控制。经 KT 一段时间延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（15-17）断开，切断了交流接触器 KM_3 和得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KM_3、KT 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，解除通入电动机绕组内的直流电源，电动机正转能耗制动结束。在制动操作过程中，当 KM_3 线圈得电吸合时，KM_3 串联在交流接触器 KM_1 和 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（4-6）断开，起到互锁作用。与此同时，在制动过程中，KM_3 辅助常闭触点（27-29）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_3 辅助常开触点（1-35）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机正在进行能耗制动控制；当能耗制动结束后，KM_3 辅助常开触点（1-35）断开，指示灯 HL_4 灭，KM_3 辅助常闭触点（27-29）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机能耗制动结束。

3. 反转起动

按下反转起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（17-19）断开，起互锁作用。SB_3 的另一组常开触点（3-9）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转。与此同时，KM_2 辅助常闭触点（25-27）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_2 辅助常开触点（1-33）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机得电反转起动运转了。在 KM_2 线圈得电吸合的同时，KM_2 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（5-7）断开，起互锁正转控制回路的作用。

4. 反转制动

将停止按钮 SB_1 按到底，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，切断了反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机反转失电但仍靠惯性继续转动。在按下停止按钮 SB_1 的同时，SB_1 的另一组常开触点（1-13）闭合，接通了交流接触器 KM_3 和得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KM_3 和 KT 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（1-13）闭合自锁且 KT 开始延时，KM_3 三相主触点闭合，将三只整流二极管 VD_1、VD_2、VD_3 组成的三相半波整流电源通入电动机绕组中，与电动机绕组丫点连至 N 线中形成回路，使电动机绕组内加入一静止制动磁场，电动机被迅速制动，从而完成能耗制动控制。经 KT 一段时间延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（15-17）断开，切断了交流接触器 KM_3 和得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KM_3、KT 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，解除通入电动机绕组内的直流电源，电动机反转能耗制动结束。在制动操作过程中，当 KM_3 线圈得电吸合时，KM_3 串联在交流接触器 KM_1 和 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（4-6）断开，起到互锁作用。与此同时，在制动过程中，KM_3 辅助常闭触点（27-29）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_3 辅助常开触点（1-35）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机正在进行能耗制动控制；当能耗制动结束时，KM_3 辅助常开触点（1-35）断开，指示灯 HL_4 灭，KM_3 辅助常闭触点（27-29）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机能耗制动结束。

★电路 177　用失电延时时间继电器完成单向反接制动控制电路

反接制动通常采用速度继电器，本例利用失电延时时间继电器 KT 完成反接制动控制，电路如图 5-15 所示。其效果与用速度继电器的效果相差不大，可供读者参考借鉴。

1. 起动运转

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（3-5）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动

机得电而起动运转；SB_2 的另一组常开触点（1-11）闭合，与已闭合的 KM_1 辅助常开触点（1-13）使中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点（1-15）闭合自锁，串联在 KT 线圈回路中的 KA 常开触点（19-21）闭合，为反接制动时接通失电延时时间继电器 KT 线圈做准备。与此同时，KM_1 辅助常闭触点（1-17）断开，起到互锁反接制动交流接触器 KM_2 线圈的作用；指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机起动运转了。

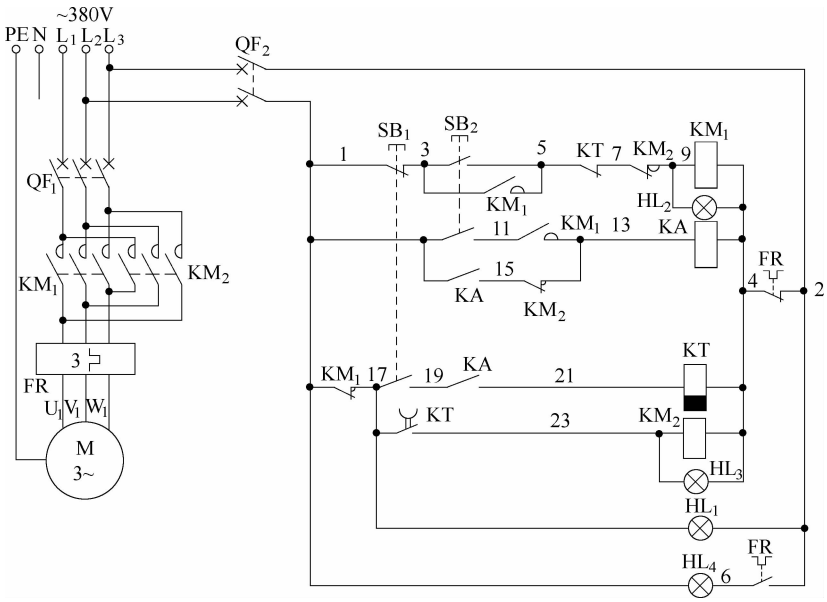


图 5-15　用失电延时时间继电器完成单向反接制动控制电路

2. 反接制动

将停止按钮 SB_1 按到底，SB_1 的一组常闭触点（1-3）断开，切断电动机控制用交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电但仍以惯性继续转动；SB_1 的另一组常开触点（17-19）闭合，与早已闭合的中间继电器 KA 常开触点（19-21）接通失电延时时间继电器 KT 线圈电源，KT 不延时瞬动常闭触点（5-7）断开，起互锁作用；KT 失电延时断开的常开触点（17-23）立即闭合，将反转交流接触器 KM_2 线圈回路接通，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机立即反转。与此同时，串联在中间继电器 KA 线圈回路中的 KM_2 辅助常闭触点（15-13）断开，切断中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 线圈断电释放，为下次反接制动做准备。此时，松开停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（1-3）恢复常闭，SB_1 的另一组常开触点（17-19）恢复常开，KT 线圈断电并开始延时（实际上，在中间继电器 KA 线圈断电的同时，

SB_1 停止按钮也松开了）。经 KT 延时后，KT 失电延时断开的常开触点（17-23）恢复常开状态，切断反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电而停止运转。实际上，KM_2 线圈得电时间一般为 2 ~ 3s，时间很短，其目的仅是使电动机快速停止，完成反接制动。反接制动时，电源指示灯 HL_1 被点亮，说明电动机正常运转电源被切断；指示灯 HL_3 被点亮，说明电动机绕组被施加反转电源而进行瞬间反接制动；经 KT 延时后，指示灯 HL_3 和反接制动交流接触器 KM_2 线圈同时断电停止工作，说明整个反接制动过程结束了。

六、调速控制电路

★电路 178　△-Y-2 Y接法三速电动机手动控制电路

△-Y-2 Y接法三速电动机定子绕组有 9 个出线端，如图 6-1a 所示。低速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 分别接至定子绕组端 U_1、V_1、W_1，其他出线端悬空不接；中速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 分别接至定子绕组出线端 U_2、V_2、W_2，其他出线端悬空不接；高速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 分别接至定子绕组出线端 U_3、V_3、W_3，再将 U_1、V_1、W_1 短接起来，余下的 3 个出线端 U_2、V_2、W_2 悬空不接。

本电路有两大特点：一是有按钮常闭触点互锁和接触器常闭触点互锁功能，互锁程度高；二是在低速、中速、高速操作时，无需按动停止按钮就可随意改变所需速度，操作起来很方便。

电气原理图如图 6-1b 所示。

1. 低速起动

按下低速起动按钮 SB_2，SB_2 的两组常闭触点（3-11、3-17）断开，切断交流接触器 KM_3、KM_2、KM_4 线圈回路电源（即切断了中速、高速交流接触器线圈回路电源），起到按钮常闭触点互锁作用；SB_2 的一组常开触点（3-5）闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机绕组 U_1、V_1、W_1 通以三相 380V 交流电源接成△形低速起动。与此同时，KM_1 的两组辅助常闭触点（8-12、14-16）断开，起到互锁作用；KM_1 辅助常开触点（1-25）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机低速起动运转了。

2. 中速起动

按下中速起动按钮 SB_3，SB_3 的两组常闭触点（5-7、17-19）断开，其中 SB_3 的一组常闭触点（5-7）切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源（即切断了低速、高速交流接触器线圈回路电源），KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机绕组 U_1、V_1、W_1 失电而停止低速运转；KM_1 辅助常开触点（1-25）断开，低速运转指示灯 HL_2 灭；其中串联在交流接触器 KM_2、KM_4 线圈回路中的另一组 SB_3 常闭触点（17-19）断开，对 KM_2、KM_4 线圈回路起互锁作用。在 SB_3 起动按钮按下的同时，SB_3 常开触点（11-13）闭合，接通中速交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（11-13）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机绕组 U_2、V_2、W_2 通以三相 380V 交流电源接成Y形中速

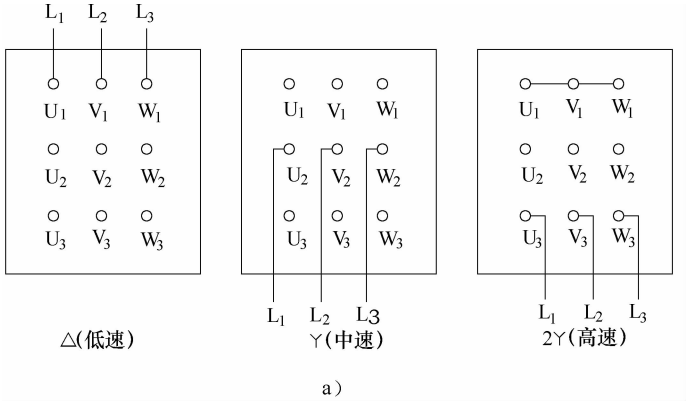
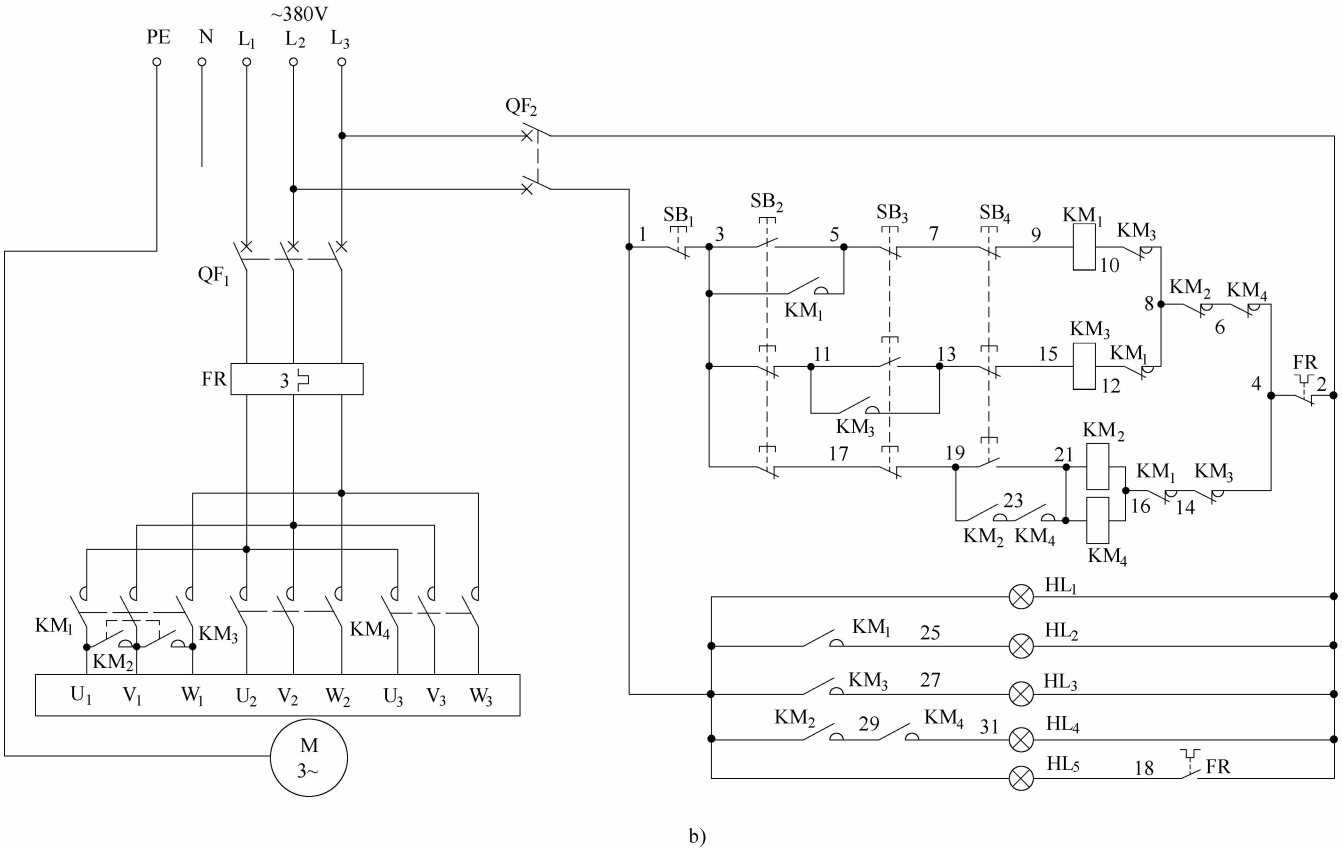


图 6-1　△-Y-2 Y接法三速电动机手动控制电路

a）△-Y-2 Y接法三速电动机定子绕组端子图



b)

图 6-1　△-丫-2丫接法三速电动机手动控制电路（续）

b）电气原理图

起动。与此同时，KM_3 的两组辅助常闭触点（8-10、4-14）断开，起互锁作用；KM_3 辅助常开触点（1-27）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已中速起动运转了。

3. 高速运转

按下高速起动按钮 SB_4，SB_4 的两组常闭触点（7-9、13-15）断开，其中 SB_4 的一组常闭触点（13-15）切断交流接触器 KM_3 线圈回路电源（即切断了低速、中速交流接触器线圈回路电源），KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机绕组 U_2、V_2、W_2 失电而停止中速运转；KM_3 辅助常开触点（1-27）断开，中速运转指示灯 HL_3 灭；SB_4 的另一组常闭触点（7-9）断开，对 KM_1 线圈回路起互锁作用。在 SB_4 起动按钮按下的同时，SB_4 的一组常开触点（19-21）闭合，接通高速交流接触器 KM_2、KM_4 线圈回路电源，KM_2、KM_4 线圈得电吸合，KM_2、KM_4 辅助常开触点（19-23、21-23）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，将电动机绕组 U_1、V_1、W_1 接成人为丫点；KM_4 三相主触点闭合，电动机绕组 U_3、V_3、W_3 通以三相 380V 交流电源接成 2 丫形高速起动。与此同时，KM_2、KM_4 辅助常闭触点（6-8、4-6）断开，起互锁作用；KM_2、KM_4 辅助常开触点（1-29、29-31）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机已高速起动运转了。

4. 停止

无论电动机处于何种运转速度，只要按下停止按钮 SB_1（1-3），即可切断相应交流接触器线圈回路电源，使其线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电而停止运转。同时，相应指示灯灭，以指示电动机停止运转了。

★电路 179　丫-△-2 丫接法三速电动机手动控制电路

丫-△-2 丫接法三速电动机与△-丫-2 丫接法三速电动机一样，其定子绕组也有 9 个出线端，如图 6-2a 所示。低速时，将 U_1、V_1、W_1 分别接至三相交流电源 L_1、L_2、L_3 上，其余 6 个出线端 U_2、V_2、W_2、U_3、V_3、W_3 悬空不接；中速时，将 U_2、V_2、W_2 分别接至三相交流电源 L_1、L_2、L_3 上，其余 6 个出线端 U_1、V_1、W_1、U_3、V_3、W_3 悬空不接；高速时，将 U_3、V_3、W_3 分别接至三相交流电源 L_1、L_2、L_3 上，再将 U_1、V_1、W_1 短接，其余 3 个出线端悬空不接。

电气原理图如图 6-2b 所示。合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电源指示灯 HL_4 亮，说明电源正常。

1. 低速起动

按下低速起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁。此时，低速运转指示灯 HL_1 亮，KM_1 三相主触点闭合，电动机绕组 U_1、V_1、W_1 通以 380V 交流电源接成丫形低速起动。与此同时，KM_1 的另外两只辅助常闭触点（6-12、16-18）断开，起到互锁作用。

2. 低速停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，低速运转指示灯 HL_1 灭，KM_1 三相主触点断开，电动机绕组 U_1、V_1、W_1 失电而停止运转。与此同时，KM_1 的另外两只辅助常闭触点（6-12、16-18）恢复常闭，为中速或高速起动提供条件。

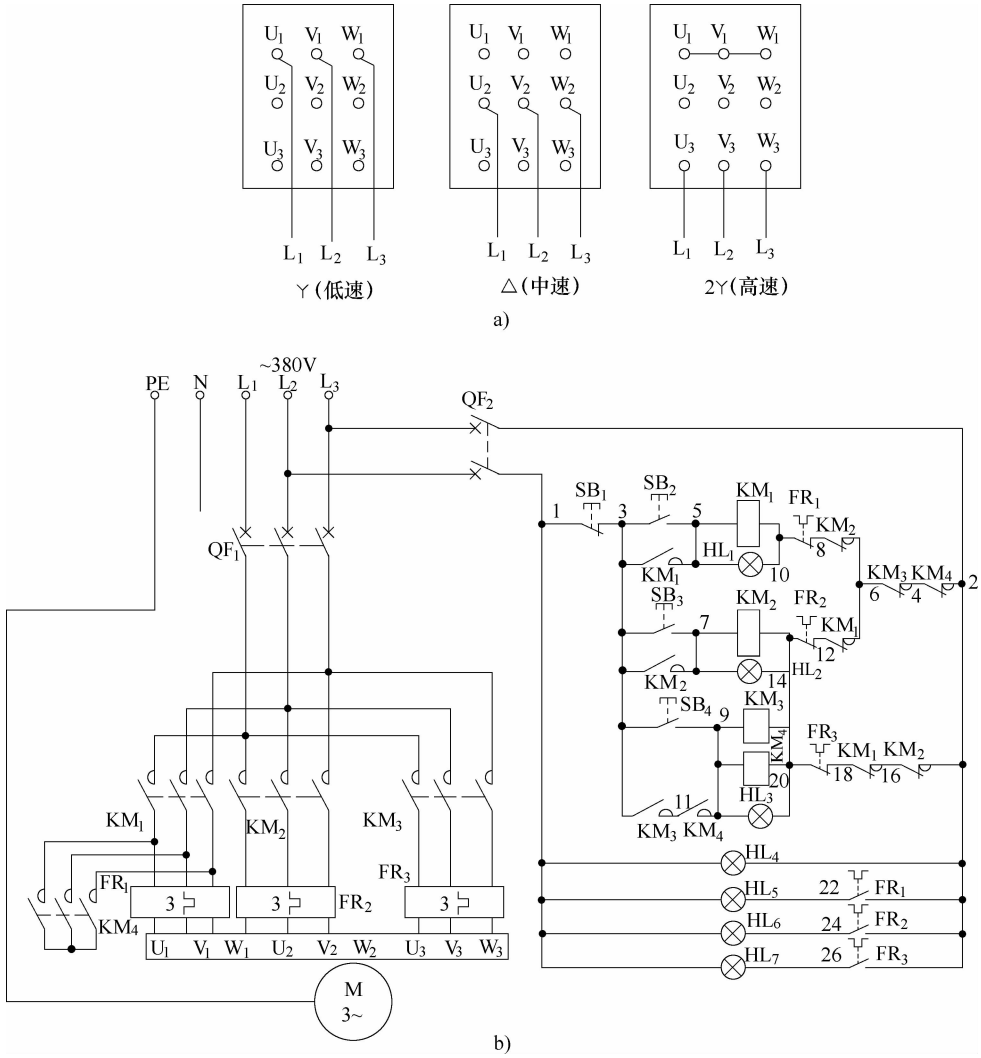


图 6-2　Y-△-2Y接法三速电动机手动控制电路

a）Y-△-2Y接法三速电动机定子绕组端子图　b）电气原理图

3. 中速起动

按下中速起动按钮 SB_3（3-7），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（3-7）闭合自锁。此时，中速运转指示灯 HL_2 亮，KM_2 三相主触点闭

合，电动机绕组 U_2、V_2、W_2 通以 380V 交流电源接成△形中速起动。与此同时，KM_2 的另外两只辅助常闭触点（6-8、2-16）断开，起到互锁作用。

4. 中速停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，中速运转指示灯 HL_2 灭，KM_2 三相主触点断开，电动机绕组 U_2、V_2、W_2 失电而停止运转。与此同时，KM_2 的另外两只辅助常闭触点（6-8、2-16）恢复常闭，为低速或高速起动提供条件。

5. 高速起动

按下高速起动按钮 SB_4（3-9），交流接触器 KM_3、KM_4 线圈得电吸合，KM_3、KM_4 辅助常开触点（3-11、9-11）闭合串联自锁，高速运转指示灯 HL_3 亮，KM_4 三相主触点闭合，将电动机绕组 U_1、V_1、W_1 接成人为丫点；KM_3 三相主触点闭合，电动机绕组 U_3、V_3、W_3 通以 380V 交流电源接成 2丫形高速起动。与此同时，KM_3、KM_4 各自的辅助常闭触点（4-6、2-4）断开，起到互锁作用。

6. 高速停止

按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM_3、KM_4 线圈断电释放，高速运转指示灯 HL_3 灭，KM_3、KM_4 各自的三相主触点断开，电动机绕组 U_3、V_3、W_3 失电而停止运转。与此同时，KM_3、KM_4 各自的辅助常闭触点（4-6、2-4）恢复常闭，为低速或中速起动提供条件。

★电路 180　2丫/2丫双速电动机手动控制电路

如图 6-3 所示，2丫/2丫双速电动机定子绕组引出端为 9 根线。

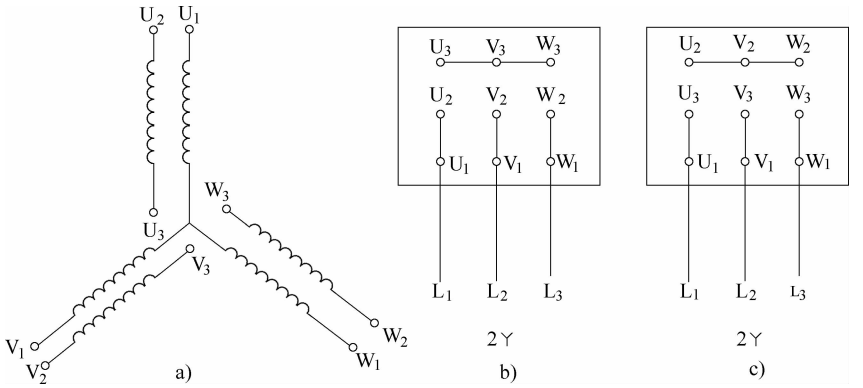


图 6-3　2丫/2丫双速电动机定子绕组端子图

1. 第一组 2丫接线

首先将引出端 U_3、V_3、W_3 短接起来，再分别将引出端 U_1、U_2 短接起来后通过 U_1 引出端接到三相交流电源的 L_1 相上，将引出端 V_1、V_2 短接起来后通过

V_1 引出端接到三相交流电源的 L_2 相上，将引出端 W_1、W_2 短接起来后通过 W_1 引出端接到三相交流电源的 L_3 相上，这样，电动机定子绕组为一种 2 ⅄接法。

2. 第二组 2 ⅄接线

首先将引出端 U_2、V_2、W_2 短接起来，再分别将引出端 U_1、U_3 短接起来后通过 U_1 引出端接到三相交流电源的 L_1 相上，将引出端 V_1、V_3 短接起来后通过 V_1 引出端接到三相交流电源的 L_2 相上，将引出端 W_1、W_3 短接起来后通过 W_1 引出端接到三相交流电源的 L_3 相上，这样，电动机定子绕组接为另一种 2 ⅄接法。

2 ⅄/2 ⅄双速电动机手动控制电路如图 6-4 所示。

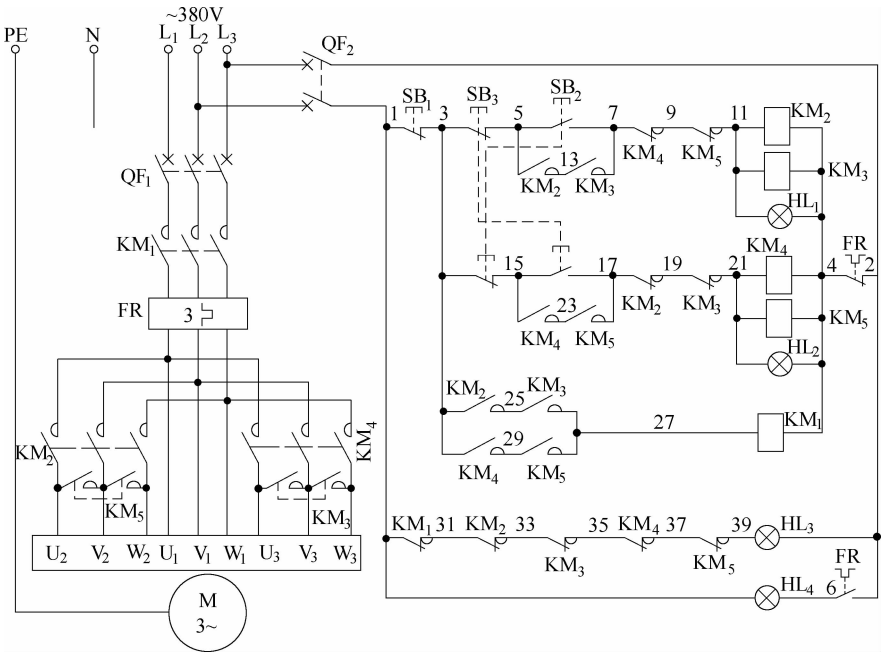


图 6-4　2 ⅄/2 ⅄双速电动机手动控制电路

3. 第一种速度起动

按下起动按钮 SB_2（5-7），交流接触器 KM_2、KM_3 线圈得电吸合且 KM_2、KM_3 辅助常开触点（5-13、7-13）闭合自锁，KM_2、KM_3 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常开触点（3-25、25-27）闭合，KM_1 线圈也得电吸合，这样，交流接触器 KM_2 三相主触点分别将 U_1、U_2，V_1、V_2，W_1、W_2 分别短接后接至电源交流接触器 KM_1 三相主触点的下端，交流接触器 KM_3 主触点将 U_3、V_3、W_3 短接起来，组成第一种 2 ⅄接法，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电以第一种速度起动。同时指示灯 HL_3 灭、HL_1 亮，说明电动机以第一种速度起动运转了。

4. 第二种速度起动

按下起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（3-5）断开，切断 KM_2、KM_3 及 KM_1 线圈回路电源，使其断电释放；KM_2、KM_3、KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止运转；与此同时，SB_3 的另一组常开触点（15-17）闭合，交流接触器 KM_4、KM_5 线圈得电吸合且 KM_4、KM_5 辅助常开触点（15-23、17-23）闭合自锁，KM_4、KM_5 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常开触点（3-29、27-29）闭合，KM_1 线圈也得电吸合，这样，交流接触器 KM_4 三相主触点分别将 U_1、U_3，V_1、V_3，W_1、W_3 短接起来后接至电源交流接触器 KM_1 三相主触点的下端，交流接触器 KM_5 将 U_2、V_2、W_2 短接起来，组成第二种 2 ⅄接法，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电以第二种速度起动。同时指示灯 HL_3 灭、HL_2 亮，说明电动机以第二种速度起动运转了。

停止时，只需按下停止按钮 SB_1（1-3）即可。

★电路 181　2 △/⅄双速电动机手动控制电路

如图 6-5 所示，2△/⅄双速电动机定子绕组有 8 个出线端。

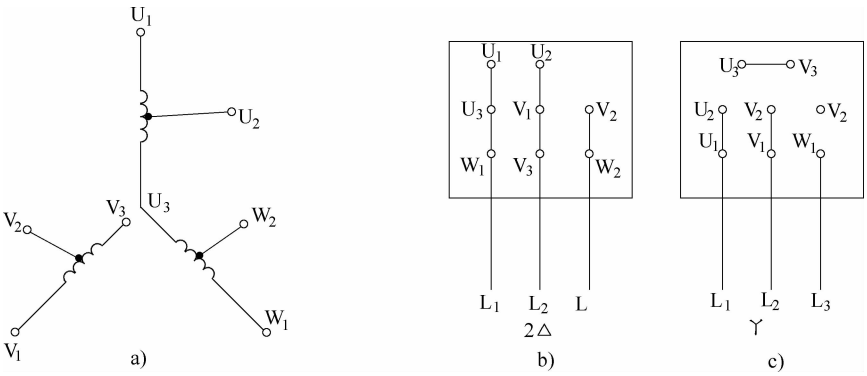


图 6-5　2△/⅄双速电动机定子绕组端子图

⅄形接法：将电动机出线端 U_3 和 V_3 短接起来，再将电动机出线端 U_1、V_1、W_1 分别接到三相交流电源的 L_1、L_2、L_3 相上，此时电动机定子绕组为⅄形接法。

2△形接法：将电动机出线端 U_1、U_3、W_1 短接起来接至三相交流电源的 L_1 相上，再将电动机出线端 U_2、V_1、V_3 短接起来接至三相交流电源的 L_2 相上，最后将电动机出线端 V_2、W_2 短接起来接至三相交流电源的 L_3 相上，此时电动机定子绕组为 2△形接法。

图 6-6 所示为 2△/⅄双速电动机手动控制回路。

1. 丫形起动

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（3-17）断开，切断交流接触器 KM_3、KM_4、KM_5 线圈回路电源，起到互锁作用；与此同时，SB_2 的另一组常开触点（5-7）闭合，接通交流接触器 KM_1、KM_2 线圈回路电源，KM_1、KM_2 串联在 KM_3、KM_4、KM_5 线圈回路中各自的一组辅助常闭触点（19-21、21-23）断开，起到互锁作用；KM_1、KM_2 各自的一组辅助常开触点（5-15、7-15）闭合自锁，KM_1、KM_2 各自的三相主触点分别闭合。其中，KM_1 三相主触点将电动机引线端 U_1、V_1、W_1 接到三相交流电源的 L_1、L_2、L_3 相上，KM_2 三相主触点将电动机引线端 U_3、V_3 短接起来，这样，电动机定子绕组连接成丫形起动运转。同时，KM_1、KM_2 各自的一组辅助常闭触点（1-29、29-31）断开，电源兼停止指示灯 HL_1 灭，KM_1、KM_2 各自的一组辅助常开触点（1-39、39-41）闭合，丫形运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机已按丫形接法起动运转了。

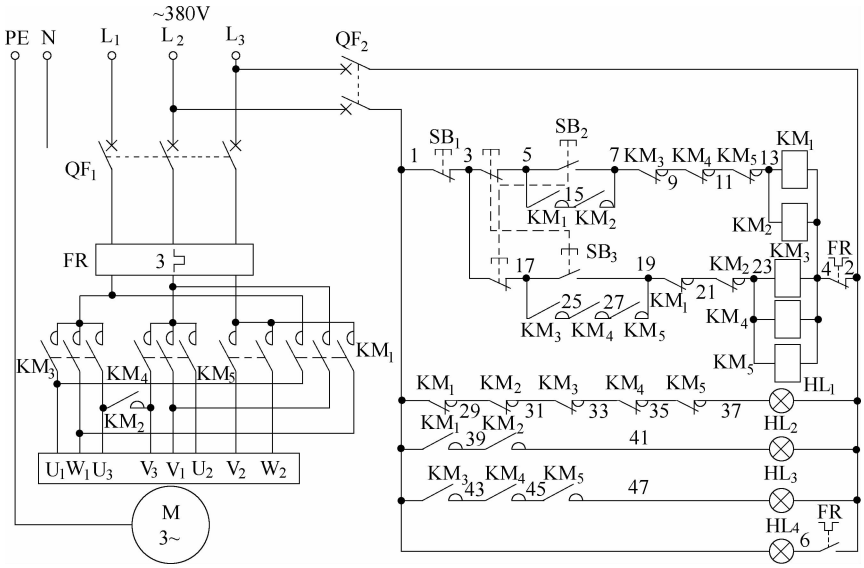


图 6-6　2△/丫双速电动机手动控制回路

2. 2△形起动

按下起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（3-5）断开，切断交流接触器 KM_1、KM_2 线圈回路电源，KM_1、KM_2 线圈断电释放，KM_1、KM_2 各自的三相主触点断开，电动机丫形运转停止；与此同时，SB_3 的另一组常开触点（17-19）闭合，交流接触器 KM_3、KM_4、KM_5 线圈得电吸合且 KM_3、KM_4、KM_5 各自的一组辅助常开触点（17-25、25-27、19-27）闭合自锁，KM_3、KM_4、KM_5 各自的三相主触点闭合。其中，KM_3 三相主触点将电动机引线端 U_1、W_1、U_3 短接起来后接至三相电源的 L_1 相上，KM_4 三相主触点将电动机引线端 V_3、V_1、U_2 短接起

来后接至三相电源的 L_2 相上，KM_5 三相主触点将电动机引线端 V_2、W_2 短接起来后接至三相电源的 L_3 相上。这样，电动机定子绕组连接成 2△形起动运转。同时 KM_3、KM_4、KM_5 各自的一组辅助常闭触点（31-33、33-35、35-37）断开，电源兼停止指示灯 HL_1 灭，KM_1、KM_2 各自的一组辅助常开触点（1-39、39-41）恢复常开状态，Y形运转指示灯 HL_2 灭，KM_3、KM_4、KM_5 各自的一组辅助常开触点（1-43、43-45、45-47）闭合，2△形运转指示灯 HL_3 亮，说明电动机以 2△形起动运转了。

无论电动机是Y形运转还是 2△形运转，停止时只要按下停止按钮 SB_1（1-3），即可使电动机失电停止运转。

★电路 182　2 △/Y双速电动机（早期产品）控制电路

2△/Y双速电动机定子绕组的连接方式如图 6-7a 所示。2△/Y双速电动机控制电路如图 6-7b 所示。

低速起动时，按下低速起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（17-19）断开，起到互锁作用；SB_2 的另一组常开触点（3-5）闭合，接通低速交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3 线圈回路电源，KM_1、KM_2、KM_3 各自的一组辅助常开触点（3-13、13-15、5-15）闭合自锁，KM_1、KM_2、KM_3 各自的三相主触点闭合，其中 KM_1 三相主触点将电动机引出线 A、C、G 接至电源 L_1 上，KM_2 三相主触点将电动机引出线 B、D、F 接至电源 L_2 上，KM_3 三相主触点将电动机引出线 E、H 接至电源 L_3 上，电动机绕组通以三相交流电源接成 2△形，低速起动运转。同时 KM_1、KM_2、KM_3 串联在高速交流接触器 KM_4、KM_5 线圈回路中各自的辅助常闭触点（19-21、21-23、23-25）断开，起到互锁作用；KM_1、KM_2、KM_3 各自的另一组辅助常闭触点（1-29、29-31、31-33）断开，电源停止指示灯 HL_1 灭，KM_1、KM_2、KM_3 各自的另外一组辅助常开触点（1-39、39-41、41-43）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已低速起动运转了。

高速起动时，按下高速起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（5-7）断开，切断低速交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3 线圈回路电源，KM_1、KM_2、KM_3 各自的三相主触点全部断开，电动机低速停止运转。与此同时，SB_3 的另一组常开触点（3-17）闭合，接通高速交流接触器 KM_4、KM_5 线圈回路电源，KM_4、KM_5 各自的一组辅助常开触点（3-27、17-27）闭合自锁，KM_4、KM_5 辅助常闭触点断开，起到互锁作用，KM_4、KM_5 各自的三相主触点闭合。其中 KM_4 三相主触点将电动机引出线 A、D、G 分别连接至三相电源的 L_1、L_2、L_3 上，KM_5 主触点将电动机引出线 C、F 短接起来，电动机绕组通以三相交流电源接成Y形高速运转。同时 KM_4、KM_5 辅助常开触点（1-45、45-47）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机转入高速起动运转了。

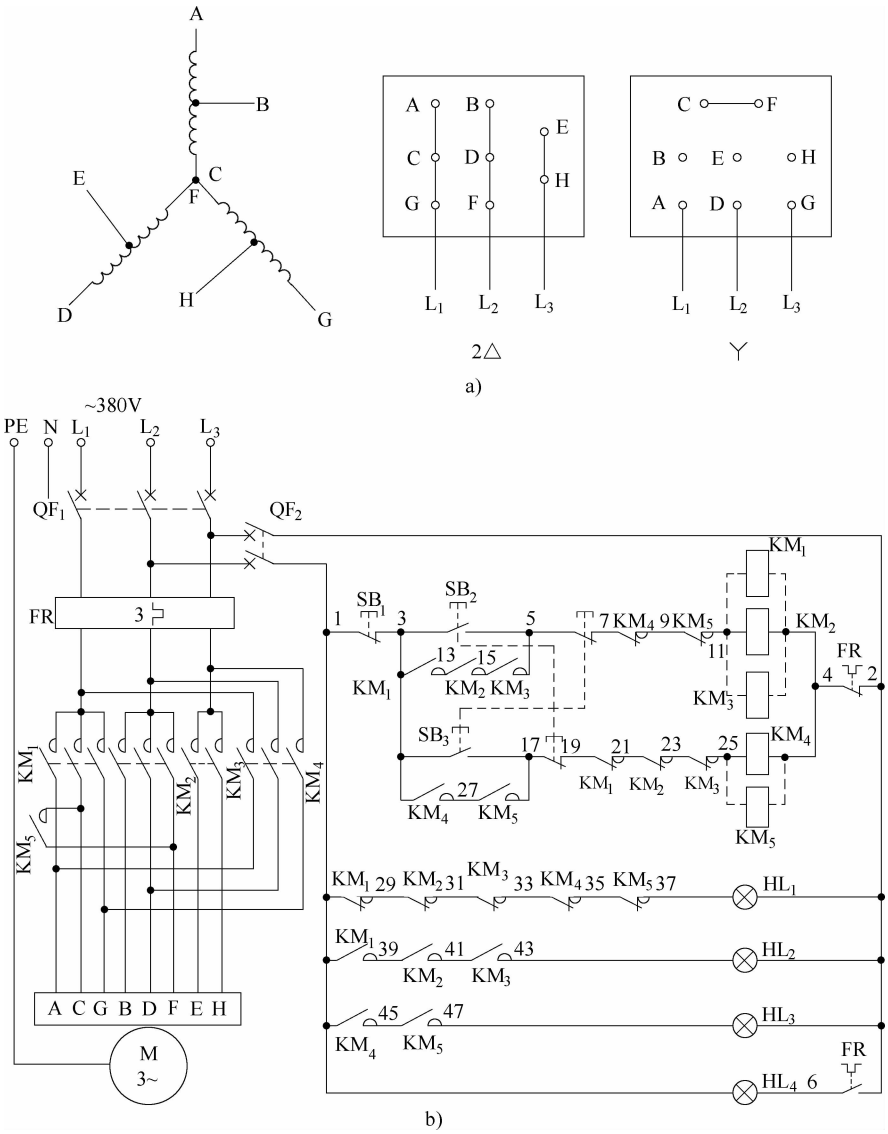


图 6-7　2△/Y双速电动机（早期产品）控制电路

a）2△/Y双速电动机定子绕组的连接方式　b）控制电路

★电路 183　△/△双速电动机手动控制电路

如图 6-8 所示，△/△双速电动机定子绕组引出端有 9 根线。

第一种△接线：将引出端 U_2、U_3 短接后接到三相交流电源的 L_1 相上，将引出端 V_2、V_3 短接后接到三相交流电源的 L_2 相上，将引出端 W_2、W_3 短接后接到三相交流电源的 L_3 相上，余下的 U_1、V_1、W_1 悬空不接，电动机定子绕组为一

种△接法。

第二种△接线：将引出端 V_1、U_3 短接后接到三相交流电源的 L_1 相上，将引出端 U_1、W_3 短接后接到三相交流电源的 L_2 相上，将 W_1、V_3 短接后接到三相交流电源的 L_3 相上，余下的 U_2、V_2、W_2 悬空不接，电动机定子绕组为另一种△接法。

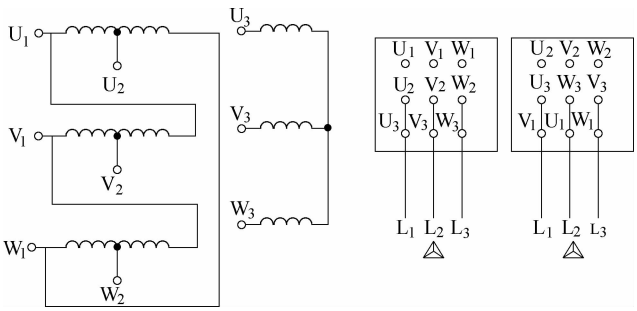


图 6-8　△/△双速电动机定子绕组端子图

对于△/△双速电动机手动控制电路，实际上很简单，只要弄清楚第一种△连接和第二种△连接方式就可以加以控制了。也就是说，利用交流接触器 KM_1 将三相交流电源 L_1、L_2、L_3 分别接至电动机定子绕组引出端 U_3、V_3、W_3 上，然后再利用交流接触器 KM_2 的三相主触点分别短接 U_3、U_2，V_3、V_2，W_3、W_2 即可，这样，可将交流接触器 KM_1、KM_2 两只线圈并联工作，来控制第一种△接，也就是第一种速度控制；另外，再利用交流接触器 KM_3 将三相交流电源 L_1、L_2、L_3 分别接至电动机定子绕组引出端 U_3、W_3、V_3 上（注意电源倒相了），然后再利用交流接触器 KM_4 的三相主触点分别短接 V_1、U_3，U_1、W_3，W_1、V_3 即可，这样，可将交流接触器 KM_3、KM_2 两只线圈并联工作，来控制第二种△接，也就是第二种速度控制。

通过以上分析，现给出简单实用的△/△双速电动机手动控制电路，并对工作原理加以叙述。

第一种速度△起动控制：按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（3-15）断开，切断交流接触器 KM_3、KM_4 线圈回路电源，使其不能工作，起到按钮常闭触点互锁作用；SB_2 的另一组常开触点（5-7）闭合，接通交流接触器 KM_1、KM_2 线圈回路电源和指示灯 HL_1，交流接触器 KM_1、KM_2 线圈得电吸合且 KM_1、KM_2 各自的辅助常开触点（5-13、7-13）闭合自锁，指示灯 HL_1 亮，KM_1 三相主触点闭合，将三相交流电源 L_1、L_2、L_3 分别接至电动机引出端 U_3、V_3、W_3，KM_2 三相主触点闭合，将电动机引出端 U_3、U_2，V_3、V_2，W_3、W_2 分别短接，此时电动机绕组被连接成第一种△，电动机得电以第一种速度起动运转。同时

KM_1、KM_2 辅助常闭触点（1-25、25-27）断开，指示灯 HL_3 灭，由于在交流接触器 KM_1、KM_2 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_1 就被点亮，说明电动机按第一种△接速度运转了。

第二种速度△起动控制：按下起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（3-5）断开，切断交流接触器 KM_1、KM_2 线圈回路电源，使 KM_1、KM_2 线圈断电释放，KM_1、KM_2 各自的三相主触点断开，解除对电动机的供电及对各引出端的短接；SB_3 的另一组常开触点（15-17）闭合，接通交流接触器 KM_3、KM_4 线圈回路电源和指示灯 HL_2，交流接触器 KM_3、KM_4 线圈得电吸合且 KM_3、KM_4 辅助常开触点（15-23、17-23）闭合自锁，指示灯 HL_2 亮，KM_3 三相主触点闭合，将三相交流电源 L_1、L_2、L_3 分别接至电动机引出端 U_3、W_3、V_3（注意，电源相序倒相了），KM_4 三相主触点闭合，将电动机引出端 V_1、U_3，U_1、W_3，W_1、V_3 分别短接，此时电动机绕组被连接成第二种△，电动机得电以第二种速度起动运转。同时 KM_3、KM_4 辅助常闭触点（27-29、29-31）断开，指示灯 HL_3 灭，由于在交流接触器 KM_3、KM_4 线圈得电的同时，指示灯 HL_3 就被点亮，说明电动机按第二种△接速度运转了。

停止时，只需按下停止按钮 SB_1（1-3）即可。

图 6-9 中，HL_1 为电动机第一种速度运转指示；HL_2 为电动机第二种速度运转指示；HL_3 为电动机停止兼电源指示；HL_4 为电动机过载指示灯，当电动机出现过载时此灯被点亮。

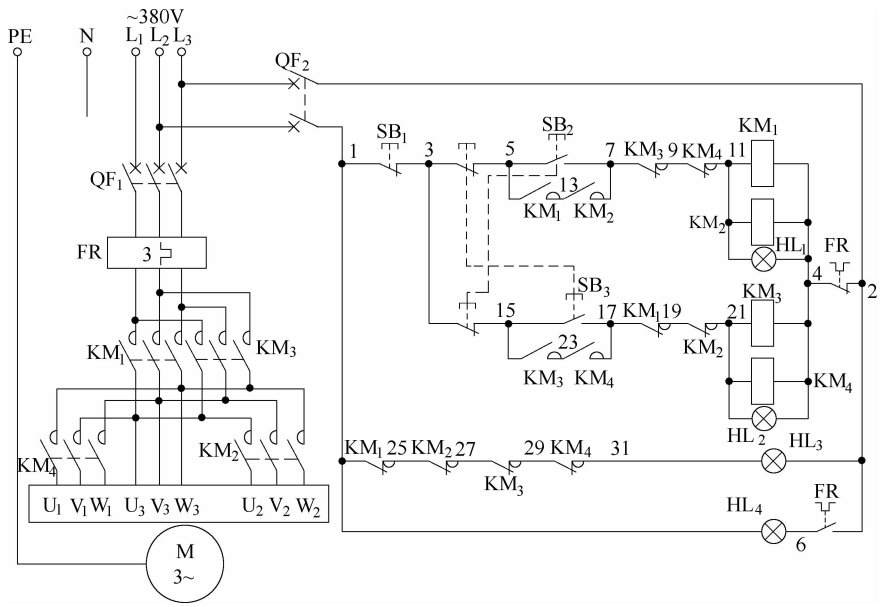


图 6-9　△/△双速电动机手动控制电路

★电路 184　接触器手动控制的三速电动机调速电路

图 6-10 所示电路为接触器手动控制的三速电动机调速电路。通过按钮 SB_2 使交流接触器 KM_1 工作，电动机低速运转；通过按钮 SB_3 使交流接触器 KM_2 工作，电动机中速运转；通过按钮 SB_4 使交流接触器 KM_3 工作，电动机高速运转。

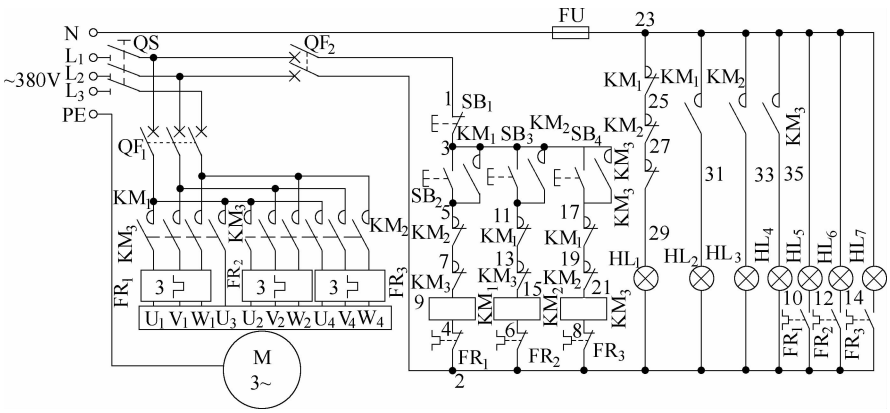


图 6-10　接触器手动控制的三速电动机调速电路

1. 低速时

按下低速起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 主触点闭合，电动机出线端 U_1、V_1、W_1 通以三相 380V 电源，KM_1 另一只主触点将 W_1 端与 U_3 端短接起来，电动机定子绕组连接为△形接法，电动机低速运转。同时，KM_1 辅助常闭触点（23-25）断开，辅助常开触点（23-31）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已低速运转了。

2. 中速时

首先将停止按钮 SB_1（1-3）按下，切断了低速交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 主触点断开，电动机失电低速停止，同时指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机低速已停止工作。这时按下中速起动按钮 SB_3（3-11），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（3-11）闭合自锁，KM_2 主触点闭合，电动机出线端 U_4、V_4、W_4 通以三相 380V 电源，电动机定子绕组连接为Y形接法，电动机中速运转。同时 KM_2 辅助常闭触点（25-27）断开，辅助常开触点（23-33）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_3 亮，说明电动机已中速运转了。

3. 高速时

首先将停止按钮 SB_1（1-3）按下，切断了中速交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 主触点断开，电动机失电中速停止，同时指示灯 HL_3 灭、HL_1 亮，说明电动机中速工作已停止。这时按下高速起动按钮 SB_4（3-17），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（3-17）闭合自锁，

KM_3 主触点闭合，电动机出线端 U_2、V_2、W_2 通以三相 380V 电源，KM_3 主触点将 U_1、V_1、W_1、U_4 端全部短接起来，电动机定子绕组连接为 2 ⅄形接法，电动机高速运转。同时，KM_3 辅助常闭触点（27-29）断开，辅助常开触点（23-25）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_4 亮，说明电动机已高速运转了。

图 6-10 中，HL_5 为低速过载指示灯，低速过载时 HL_5 亮；HL_6 为中速过载指示灯，中速过载时 HL_6 亮；HL_7 为高速过载指示灯，高速过载时 HL_7 亮。

★电路 185　△-△-2⅄-2⅄接法四速电动机手动控制电路

该接法四速电动机定子绕组有 12 个出线端，如图 6-11a 所示。低速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 接至出线端 U_1、U_2、U_3 上，其余 9 个出线端均悬空不接；中速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 接至出线端 U_2、V_2、W_2 上，其余 9 个出线端均悬空不接；高速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 接至出线端 U_3、V_3、W_3 上，再将 U_1、V_1、W_1 短接，其余 6 个出线端悬空不接；最高速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 接至出线端 U_4、V_4、W_4 上，再将 U_2、V_2、W_2 短接，其余 6 个出线端悬空不接。

电气原理图如图 6-11b 所示。

1. 低速起动

按下低速起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机绕组 U_1、V_1、W_1 通以三相 380V 交流电源接成△形低速起动。同时，串联在中速、高速、最高速交流接触器 KM_2、KM_3、KM_5、KM_4、KM_6 线圈回路中的 KM_1 辅助常闭触点（10-16、20-22）断开，起到互锁保护作用。

2. 中速起动

按下中速起动按钮 SB_3（3-7），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（3-7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机绕组 U_2、V_2、W_2 通以三相 380V 交流电源接成另一种△形中速起动。同时，串联在低速、高速、最高速交流接触器 KM_1、KM_3、KM_5、KM_4、KM_6 线圈回路中的 KM_2 辅助常闭触点（10-12、2-20）断开，起到互锁保护作用。

3. 高速起动

按下高速起动按钮 SB_4（3-9），交流接触器 KM_3、KM_5 线圈得电吸合，KM_3、KM_5 辅助常开触点（3-11、9-11）闭合自锁，KM_5 三相主触点闭合，将电动机绕组 U_1、V_1、W_1 接成人为⅄点；KM_3 三相主触点闭合，电动机绕组 U_3、V_3、W_3 通以三相 380V 交流电源接成 2 ⅄形高速起动。同时，串联在低速、中速、最高速交流接触器 KM_1、KM_2、KM_4、KM_6 线圈回路中的 KM_3、KM_5 辅助常闭触点（8-10、4-6、30-32、22-30）断开，起到互锁保护作用。

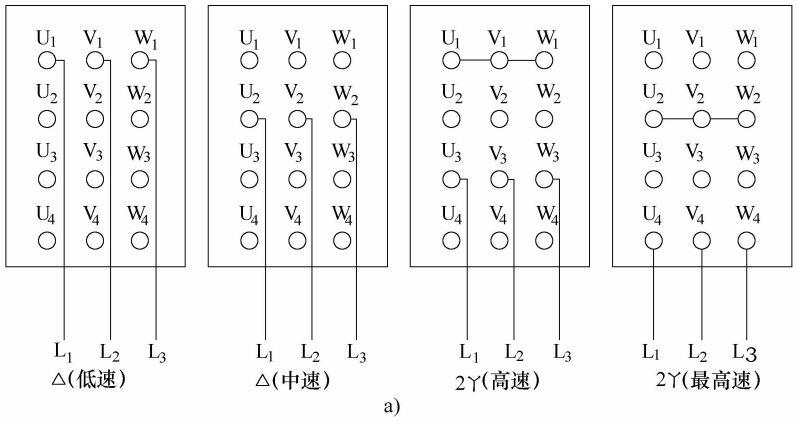


图 6-11　△-△-2丫-2丫接法四速电动机手动控制电路

a）△-△-2丫-2丫接法四速电动机定子绕组端子图

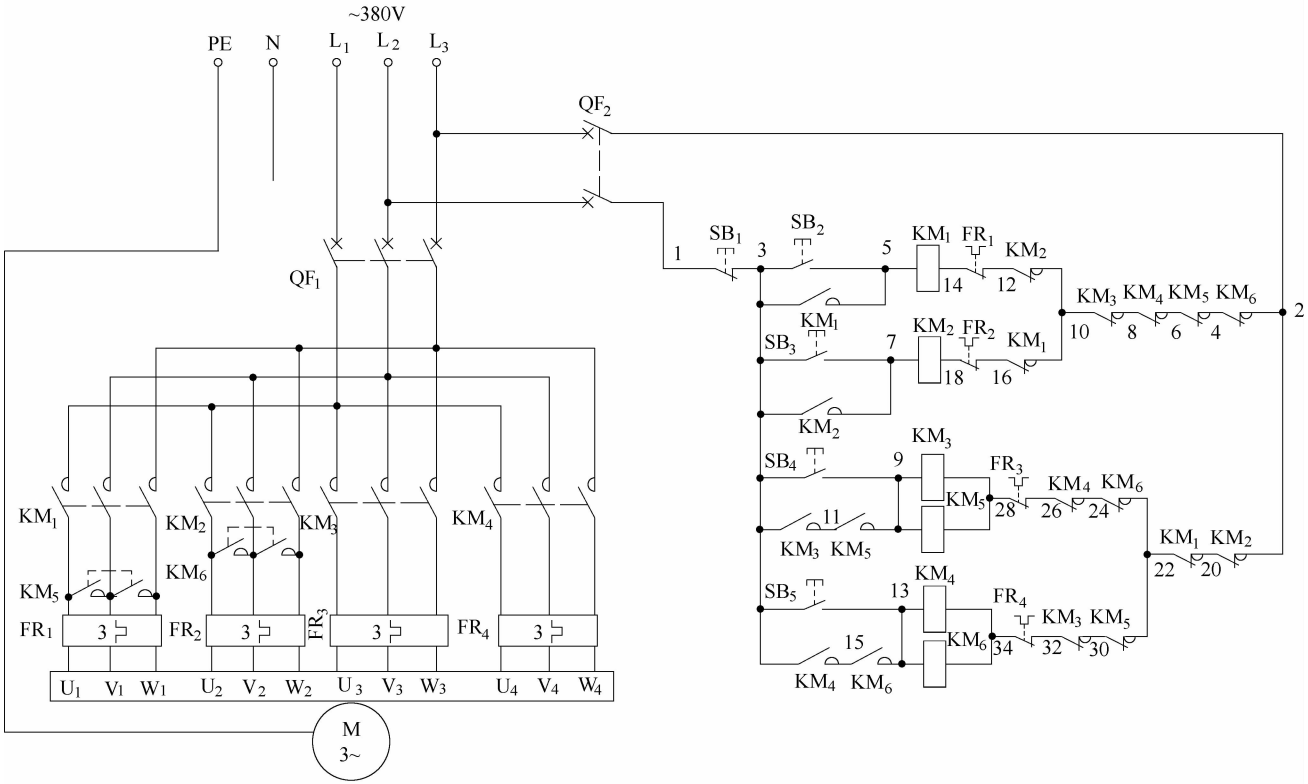


图 6-11　△-△-2丫-2丫接法四速电动机手动控制电路（续）

b）电气原理图

4. 最高速起动

按下最高速起动按钮 SB_5（3-13），交流接触器 KM_4、KM_6 线圈得电吸合，KM_4、KM_6 辅助常开触点（3-15、13-15）闭合自锁，KM_6 三相主触点闭合，电动机绕组 U_2、V_2、W_2 短接成为丫点；KM_4 三相主触点闭合，电动机绕组 U_4、V_4、W_4 通以三相 380V 交流电源接成另一种 2 丫形最高速起动。同时，串联在低速、中速、高速交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3、KM_5 线圈回路中的 KM_4、KM_6 辅助常闭触点（6-8、2-4、24-26、22-24）断开，起到互锁保护作用。

★电路 186　2 丫/丫双速电动机手动控制电路

如图 6-12 所示，2 丫/丫双速电动机定子绕组有 6 个出线端，若将出线端 U_2、V_2、W_2 悬空不接，将出线端 U_1、V_1、W_1 分别接至三相交流电源的 L_1、L_2、L_3 相上，此时电动机定子绕组接成丫形；若将出线端 U_1、V_1、W_1 全部连接起来，再将出线端 U_2、V_2、W_2 分别接至三相交流电源的 L_1、L_2、L_3 相上，此时电动机定子绕组接成 2 丫形。电路如图 6-13 所示。

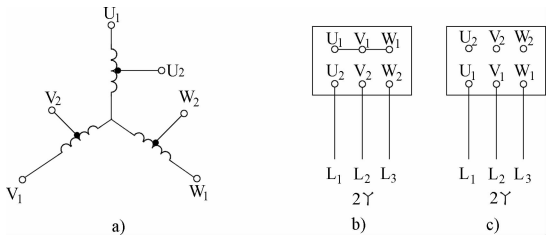


图 6-12　2 丫/丫双速电动机定子绕组端子图

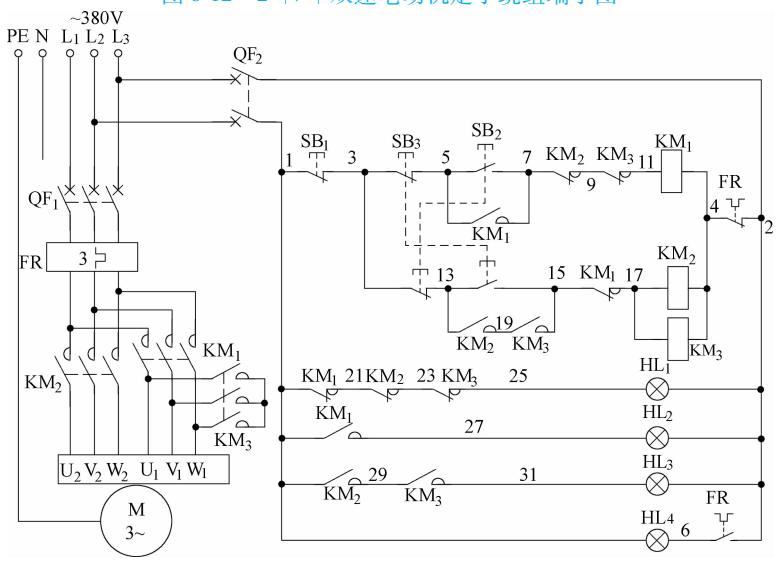


图 6-13　2 丫/丫双速电动机手动控制电路

1. ⅄形起动

按下⅄形起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（3-13）断开，使交流接触器 KM_2、KM_3 线圈回路断开，起到互锁作用；SB_2 的另一组常开触点（5-7）闭合，将接通交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 的一组辅助常闭触点（15-17）断开，起到互锁作用，KM_1 三相主触点闭合，电动机出线端 U_1、V_1、W_1 分别接至三相电源的 L_1、L_2、L_3 相上，电动机定子绕组接成⅄形起动运转。同时 KM_1 辅助常闭触点（1-21）断开，电源兼停止指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1-27）闭合，⅄形运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机已⅄形起动运转了。

2. 2⅄形起动

按下 2⅄形起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（3-5）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机⅄形运转停止，起到互锁作用；SB_3 的另一组常开触点（13-15）闭合，将接通交流接触器 KM_2、KM_3 线圈回路电源，KM_2、KM_3 线圈均得电吸合且 KM_2、KM_3 各自的辅助常开触点（13-19、15-19）闭合自锁，KM_2、KM_3 各自的一组辅助常闭触点（7-9、9-11）断开，起到互锁作用，KM_2、KM_3 三相主触点闭合，其中 KM_2 三相主触点将电动机出线端 U_2、V_2、W_2 分别接至三相交流电源的 L_1、L_2、L_3 相上，KM_3 三相主触点将电动机引出端 U_1、V_1、W_2 全部连接起来，组成人为⅄点，此时电动机定子绕组接成 2⅄形起动运转。同时，KM_2、KM_3 辅助常闭触点（21-23、23-25）断开，电源兼停止指示灯 HL_1 灭，KM_2、KM_3 辅助常开触点（1-29、29-31）闭合，2⅄形运转指示灯 HL_3 亮，说明电动机已转为 2⅄形起动运转了。

图 6-13 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机低速运转指示灯；HL_3 为电动机高速运转指示灯；HL_4 在电动机出现过载时被点亮，告知相关人员电动机过载了。

★电路 187　用三只交流接触器手动控制的双速电动机调速电路

图 6-14 所示电路是用三只交流接触器手动控制的双速电动机调速电路，它的特点是可任意改变其运转速度，既可以先用低速，再手动加速到高速，又可以先用高速，再手动减速到低速，还可以直接用低速或直接用高速。

1. 低速起动

按下低速起动按钮 SB_2，其一组常闭触点（3-13）断开，切断高速控制交流接触器 KM_2、KM_3 线圈回路电源，起到停止高速及按钮互锁作用；其另一组常开触点（5-7）闭合，接通了低速交流接触器 KM_1 线圈回路电源，低速交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 并联在低速起动按钮 SB_2 两端的辅助常开触点（5-

7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电为△形低速起动运转；同时指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已低速运转了。

2. 高速起动

直接按下高速起动按钮 SB_3，其一组常闭触点（3-5）断开，切断低速控制交流接触器 KM_1 线圈回路电源，使 KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电低速△形运转停止，起到停止作用；同时 SB_3 另一组常开触点（13-17）闭合，接通了高速交流接触器 KM_2、KM_3 线圈回路电源，高速交流接触器 KM_2、KM_3 线圈得电吸合，KM_2、KM_3 并联在高速起动按钮 SB_3 两端的辅助常开触点（13-15、15-17）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，接通高速绕组电源，KM_3 三相主触点闭合，这样电动机为 2 丫形高速起动运转；同时指示灯 HL_2 灭、HL_3 亮，说明电动机高速运转了。

图 6-14 中，HL_4 为低速过载指示灯；HL_5 为高速过载指示灯。当电动机过载时，相应的过载指示灯应点亮，说明电动机过载了。

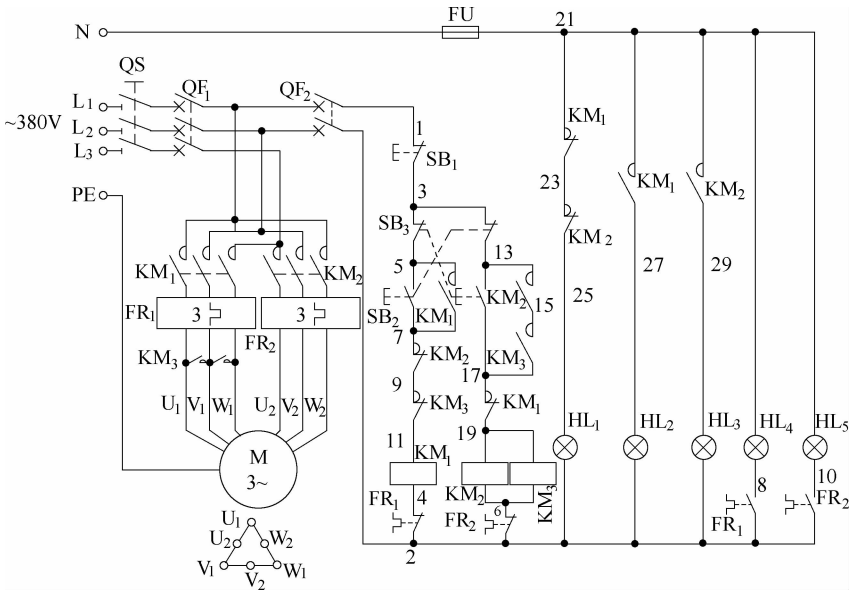


图 6-14　用三只交流接触器手动控制的双速电动机调速电路

七、供排水控制电路

★电路 188　用电接点压力表配合变频器实现供水恒压调速电路

有些供水系统需求恒压供水，方法很多，如果你手头上有廉价的变频器，可与电接点压力表 YX-150 配合进行最简单的供水恒压调速。

从图 7-1 中不难看出，电接点压力表 SP 的高端（也就是上限）接至第三频率端子 3DF 上，再通过调整变频器内部第三频率电位器 3FV 来设定较低的运转速度。需注意的是，电接点压力表 SP 不能安装在用水量较大的管路中，使用中可根据实际情况确定安装位置，以保护压力控制信号的正常提供。

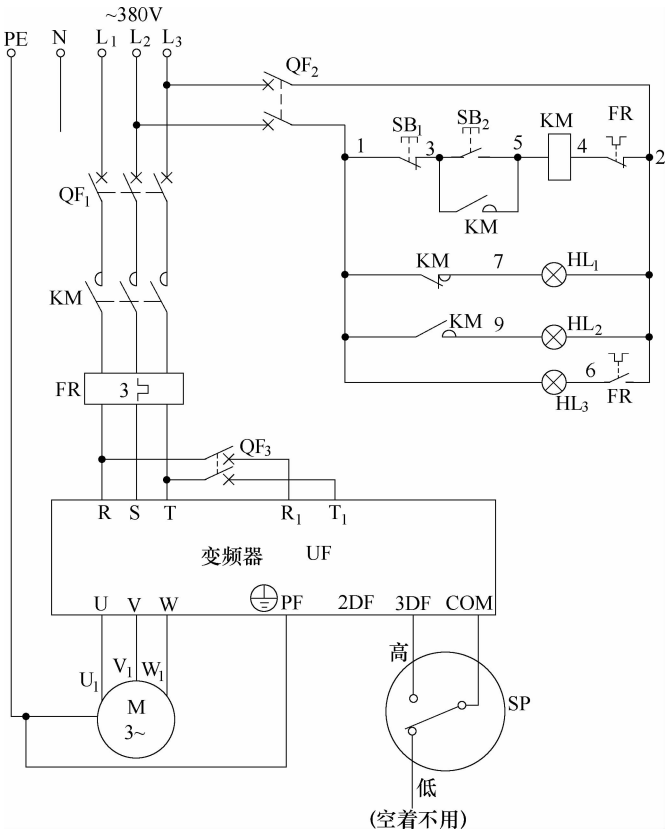


图 7-1　用电接点压力表配合变频器实现供水恒压调速电路

工作前将主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2、变频器控制回路断路器 QF_3 合上，指示灯 HL_1 亮，说明电路电源正常。

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，为变频器工作提供电源，同时 KM 辅助常闭触点（1-7）断开，电源指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点（1-9）闭合，运行指示灯 HL_2 亮，说明电路已运行。这时，变频器会按照设定的频率使电动机以一定速度运行，供水系统通过泵输出给水，随着管路水压的逐渐提高，当达到电接点压力表 SP 高端（上限时），3DF 与 COM 连接，变频器的运行方式会按照预先设定的降速曲线降低水泵的运转速度，管路压力逐渐减小，电接点压力表 SP 高端（上限）与 COM 断开，变频器又按照预先设置的第三频率速度输出，水泵电动机又重新按照变频器升速曲线运转。如此这般地反复升速、降速从而实现恒压供水调速。

停止时，则按下停止按钮 SB_1（1-3），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，变频器脱离电源停止工作，同时指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明变频器已停止工作。

当电动机出现过载时，热继电器 FR 串联在交流接触器 KM 线圈回路中的常闭触点（2-4）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 三相主触点断开，起到过载保护作用。同时热继电器 FR 常开触点（2-6）闭合，接通了过载指示灯 HL_3 回路电源，HL_3 亮，说明电动机已过载了。

★电路 189　用电接点压力表控制增压水罐自动补水电路

1. 自动控制

将选择开关 SA 置于自动位置，当增压水罐压力低于设定下限时，电接点压力表 SP 下限触点（3-11）接通，接触器 KM 线圈接通且 KM 常开触点（3-11）自锁，KM 三相主触点闭合，补水泵电动机运转工作，同时指示灯 HL_2 亮，说明正在进行补水。当增压水罐达到上限压力时，电接点压力表 SP 上限触点（3-5）接通，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 串联在 KM 线圈回路中的常闭触点（11-13）断开，接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，补水泵电动机停止补水，同时指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明补水泵电动机已停止工作。

随着增压罐内压力逐渐下降，当降至下限设定值时，下限触点（3-11）又重新接通，交流接触器 KM 线圈又重新得电吸合工作，其三相主触点闭合，补水泵电动机又重新运转进行补水，重复上述过程。

2. 手动控制

将选择开关 SA 置于手动位置，起动时按下起动按钮 SB_2（9-11），交流接触器 KM 线圈得电吸合且常开触点（9-11）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，补水

泵电动机得电运转，同时指示灯 HL_2 亮，说明补水泵电动机正在运转补水。当停止时，按下停止按钮 SB_1（7-9），交流接触器 KM 线圈断电释放，其三相主触点断开，补水泵电动机停止补水，同时指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明补水泵电动机已停止工作。

图 7-2 所示电路中，HL_1 为停止兼电源指示灯，HL_2 为运转指示灯，HL_3 为压力过低指示灯，HL_4 为过载指示灯。

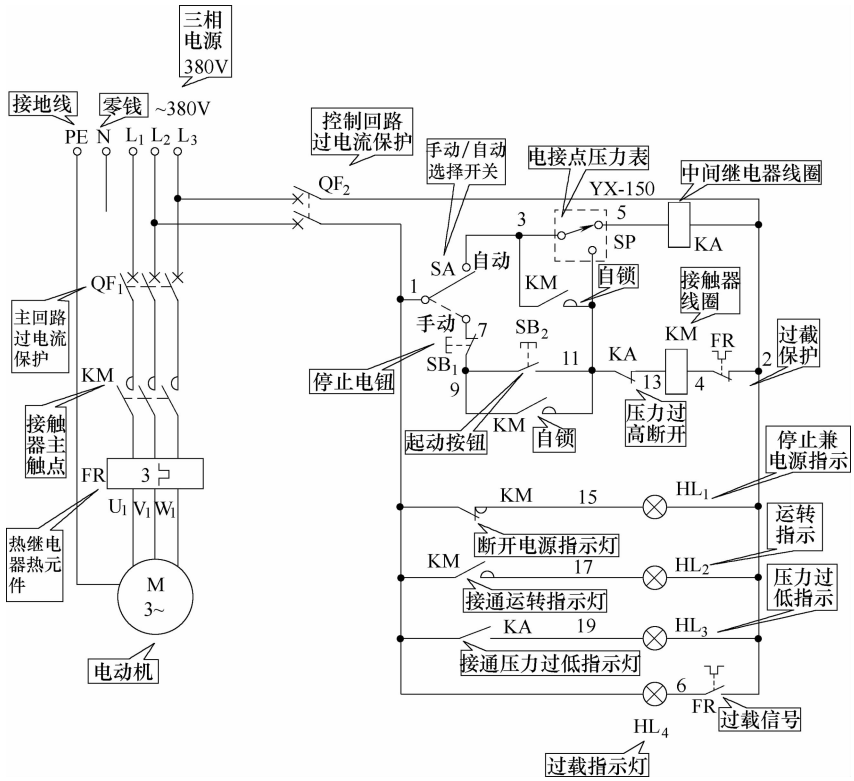


图 7-2　用电接点压力表控制增压水罐自动补水电路

★电路 190　水箱晶体管自动控制放水电路

使用前将选择自动/手动控制开关 SA 置于自动位置，若此时水箱内的液位高于电极 A 点时，晶体管 VT_2 的基极为高电位，晶体管 VT_1、VT_2 导通，那么小型灵敏继电器 K 线圈得电吸合，K 串联在中间继电器 KA 线圈回路中的常开触点（9-11）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点（7-9）闭合，接通了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，水泵电动机得电运转工作，带动水泵进行抽水。同时指示灯 HL 亮，说明水泵电动机已起动运转了。与此同时，小型灵敏继电器 K 串联在水箱内液位电极 B 中的

常开触点闭合，使 VT_1、VT_2 继续导通，水泵继续抽水，若与液位电极 B 串联的常开触点不闭合，此时，水位下降到 A 点以下，由于 K 常开触点未闭合，将出现 VT_1、VT_2 截止，使小型灵敏继电器因线圈无维持回路而释放。只有当液位降到电极 B 点以下时，晶体管 VT_1、VT_2 由导通变为截止，小型灵敏继电器 K 线圈断电释放，中间继电器 KA 线圈也断电，KA 常开触点（7-9）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 三相主触点断开，水泵电动机断电停止抽水，同时运行指示灯 HL 灭，说明水泵电动机已停止运转了。随着水箱内液位的逐渐上升，若升至液位 A 点时，小型灵敏继电器 K 又重新得电吸合，KA 线圈得电；KA 常开触点（7-9）又重新闭合，使交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，水泵电动机又重新起动运转了，重复上述过程。

为了解决水箱内液位波动对控制电极造成时断时通现象，在本电路中加装了一只 470μF 的电解电容器 C_3，可有效地对晶体管 VT_1、VT_2 的导通或截止延迟，不至于使交流接触器因液位波动而频繁通断，造成其主触点烧坏问题。

图 7-3 中变压器可选用容量在 25V·A 以上的电源变压器或控制变压器，其二次电压为 15V；熔断器 FU 为弱电保护用，可选用任何型号的产品，其熔断芯为 2A；二极管 VD_1～VD_5 选用 1N4000 即可；小型灵敏继电器可选用 JRX-13F，其线圈电压为 DC12V。

注意：弱电部分可制作在印制电路板上。

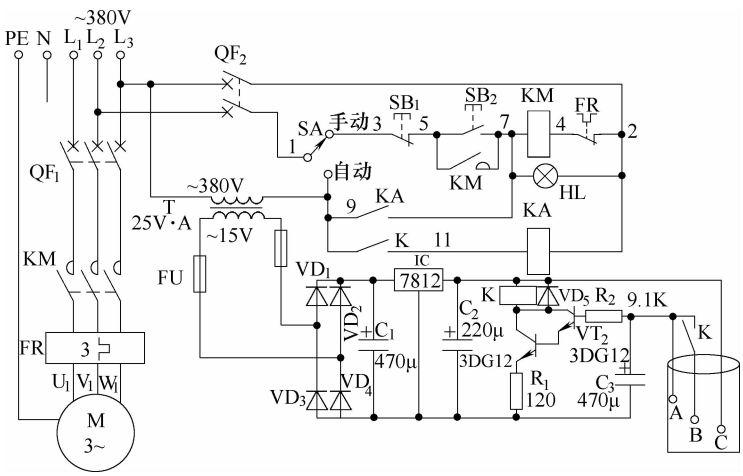


图 7-3　水箱晶体管自动控制放水电路

★电路 191　给、排水手动/定时控制电路

在众多的给、排水控制中，通常都采用手动或液位自动控制，现介绍一种给、排水手动/定时控制电路（见图 7-4）。该电路最大优点是每天可分多时段通

断（一般为 10 个通断，因生产厂家不同有的产品为 16 个通断），操作起来更人性化，通过时间可任意设置。

1. 手动控制

将手动/定时选择开关 SA 置于手动位置（1-3），按下起动按钮 SB_2（5-7），交流接触器 KM 线圈得电吸合且辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。

2. 定时自动控制

将自动/定时选择开关 SA 置于定时位置（1-9），并将时控开关 KG316T 按要求参照说明书设置好。当定时开机时间到了时，时控开关 KG316T 内部继电器吸合动作，接通进、出两端，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机运转工作；当定时关机时间到了时，KG316T 内部继电器断电释放，其触点断开进、出两端，从而切断了交流接触器 KM 线圈电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机断电停止运转。

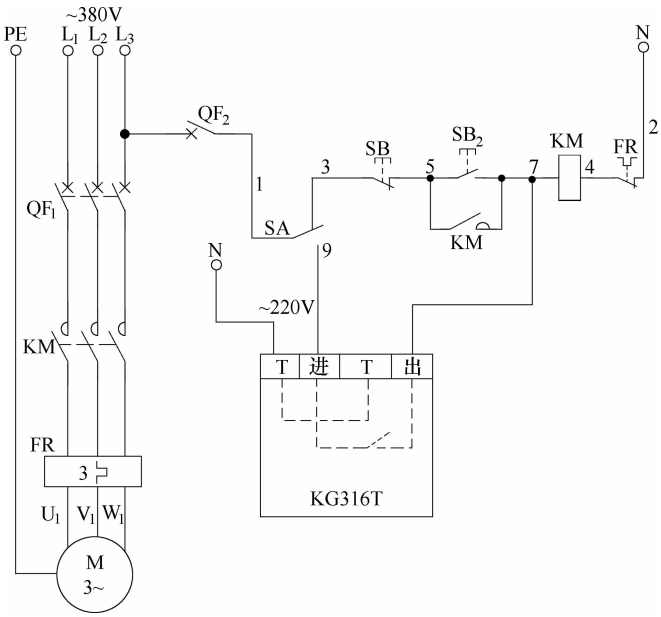


图 7-4　给、排水手动/定时控制电路

★电路 192　两台水泵电动机转换工作并任意故障自投控制电路

这里介绍两台水泵电动机转换工作并任意故障自投控制电路（见图 7-5），其特点是在转换开关置于自动位置时，倘若补水罐内压力低至下限，电接点压力表 SP（1-43）闭合，中间继电器 KA_4 线圈得电吸合，其常开触点（11-15）闭合，接通中间继电器 KA_1 线圈回路电源，KA_1 常开触点（15-17）闭合自锁；

KA_1 常开触点（29-31）闭合，使中间继电器 KA_3 线圈得电并自锁（29-31），KA_1 常开触点（7-13）闭合，接通电动机 M_1 控制用交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 辅助常开触点（5-13）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，水泵电动机 M_1 起动运转；随着补水罐内压力的逐渐提高，当达到电接点压力表上限值时，SP（1-45）闭合，KA_5 线圈得电吸合，此时 KA_5 常闭触点（11-13）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，水泵电动机 M_1 失电停止运转。当 M_1 停止后将作为备用泵使用，也就是说，下一次需要起动的是 M_2，再下一次起动的才是 M_1，两台电动机隔次轮流替换工作。

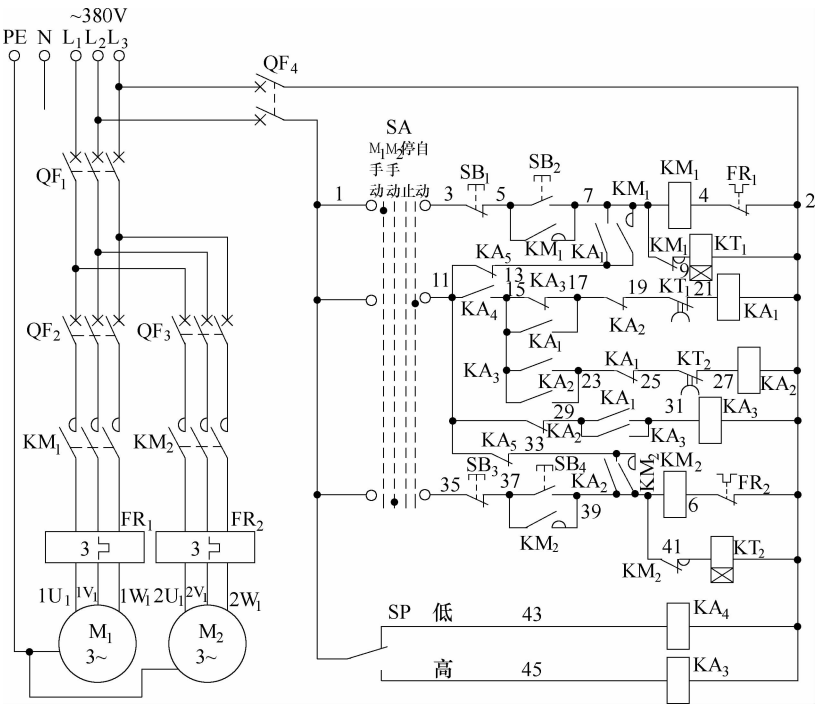


图 7-5　两台水泵电动机转换工作并任意故障自投控制电路

1. 1#泵手动控制

将转换开关 SA 置于 1#泵手动位置，SA（1-3）接通，为 1#泵电动机 M_1 手动控制做准备。起动时，按下起动按钮 SB_2（5-7），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，1#泵电动机 M_1 得电起动运转。停止时，按下停止按钮 SB_1（3-5），切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，1#泵电动机 M_1 失电而停止运转。

2. 2#泵手动控制

将转换开关 SA 置于 2#泵手动位置，SA（1-35）接通，为 2#泵电动机 M_2 手动控制做准备。起动时，按下起动按钮 SB_4（37-39），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（37-39）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，2#泵电动机 M_2 得电起动运转。停止时，按下停止按钮 SB_3（35-37），切断交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，2#泵电动机 M_2 失电而停止运转。

3. 两台水泵自动轮换工作

当补水罐压力低于电接点压力表 SP 下限时（也就是设定的下限压力），SP（1-43）闭合，接通中间继电器 KA_4 线圈回路电源，KA_4 线圈得电吸合，KA_4 常开触点（11-15）闭合，使中间继电器 KA_1 线圈得电吸合且 KA_1 常开触点（15-17）闭合自锁；KA_1 常闭触点（23-25）断开，对 KA_2 线圈回路进行互锁；KA_1 常开触点（29-31）闭合，接通中间继电器 KA_3 线圈回路电源，KA_3 线圈得电吸合且 KA_3 常开触点（29-31）闭合自锁，KA_3 常闭触点（15-17）断开，KA_3 常开触点（15-23）闭合，为轮流转换控制做准备。在中间继电器 KA_1 线圈得电吸合的同时，KA_1 常开触点（7-13）闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 辅助常开触点（7-13）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，1#泵电动机 M_1 起动运转；同时 KM_1 辅助常闭触点（7-9）断开，切断得电延时时间继电器 KT_1 线圈回路电源，使其不能投入工作。当补水罐压力升高时，电接点压力表 SP 下限触点（1-43）断开，使中间继电器 KA_4 线圈断电释放，KA_4 常开触点（11-15）断开，切断中间继电器 KA_1 线圈回路电源，KA_1 线圈断电释放，KA_1 所有常开触点（7-13、15-17、29-31）断开，KA_1 常闭触点（23-25）闭合，恢复原始状态，为下一次起动 2#泵电动机 M_2 做准备。当补水罐压力升到上限时（也就是设定的上限压力），SP（1-45）闭合，接通中间继电器 KA_5 线圈回路电源，KA_5 线圈得电吸合，KA_5 的两组常闭触点（11-13、11-33）均断开，其中 KA_5 的一组常开触点（11-13）断开，切断正在运转的 1#泵电动机 M_1 控制用交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，1#泵电动机 M_1 失电停止运转；2#泵电动机 M_2 控制用交流接触器 KM_2 线圈回路未工作，所以 KA_1 的另一组常闭触点（11-33）断开，此时不起作用，只有在 KM_2 线圈得电吸合工作后才会起到控制作用。至此，完成了 1#泵作为主泵、2#泵作为备用泵的控制。

在 1#泵电动机 M_1 停止运转后，下一次起动的是 2#泵电动机 M_2，也就是说 2#泵作为主泵、1#泵作为备用泵使用。当补水罐压力低于电接点压力表 SP 下限时（也就是设定的下限压力），SP（1-43）闭合，接通中间继电器 KA_4 线圈回路电源，KA_4 线圈得电吸合，KA_4 常开触点（11-15）闭合，使中间继电器 KA_2 线圈在已闭合的 KA_3 常开触点（15-23）的作用下得电吸合，中间继电器 KA_2 线圈

得电吸合且 KA_2 常开触点（15-23）闭合自锁，KA_2 常闭触点（11-29）断开，切断中间继电器 KA_3 线圈回路电源，KA_3 线圈断电释放，KA_3 常开触点（15-23）断开，KA_3 常闭触点（15-17）闭合，恢复原始状态，为轮流转换控制做准备。在中间继电器 KA_2 线圈得电吸合的同时，KA_2 常开触点（33-39）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 辅助常开触点（33-39）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，2#泵电动机 M_2 起动运转；同时 KM_2 辅助常闭触点（39-41）断开，切断得电延时时间继电器 KT_2 线圈回路电源，使其不能投入工作。当补水罐压力升高时，电接点压力表 SP 下限触点（1-43）断开，使中间继电器 KA_4 线圈断电释放，KA_4 常开触点（11-15）断开，切断中间继电器 KA_2 线圈回路电源，KA_2 线圈断电释放，KA_2 所有常开触点（15-23、33-39）断开，KA_2 所有常闭触点（17-19、11-29）闭合，恢复原始状态，为下一次起动 1#泵电动机 M_1 做准备。当补水罐压力升至上限时（也就是设定的上限压力），SP（1-45）闭合，接通了中间继电器 KA_5 线圈回路电源，KA_5 线圈得电吸合，KA_5 的两组常闭触点（11-13、11-33）均断开，其中 KA_5 的一组常开触点（11-33）断开，切断正在运转的 2#泵电动机 M_2 控制用交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，2#泵电动机 M_2 失电停止运转。因 1#泵电动机 M_1 控制用交流接触器 KM_1 线圈回路未工作，此时不起作用，只有在 KM_1 线圈得电吸合工作后才会起到控制作用。至此，完成了 2#泵作为主泵、1#泵作为备用泵的控制。之后，又将 1#泵作为主泵、2#泵作为备用泵工作，一直循环下去。

4. 1#泵电动机 M_1 过载后自动起动，2#泵电动机 M_2 工作

当 1#泵电动机 M_1 在运转过程中出现过载时，其过载保护热继电器 FR_1 控制常闭触点（2-4）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，1#泵电动机 M_1 失电停止运转。在 KM_1 线圈断电释放的同时，KM_1 串联在得电延时时间继电器 KT_1 线圈回路中的辅助常闭触点（7-9）恢复常闭，接通得电延时时间继电器 KT_1 线圈回路电源，KT_1 线圈得电吸合并开始延时。

经 KT_1 一段延时（2s）后，KT_1 得电延时断开的常闭触点（19-21）断开，切断了中间继电器 KA_1 线圈回路电源，KA_1 线圈断电释放，KA_1 所有常开触点（7-9、15-17、29-31）断开，KA_1 常闭触点（23-25）闭合。此时，中间继电器 KA_2 线圈得电吸合且 KA_2 常开触点（15-23）闭合自锁，KA_2 常开触点（33-39）闭合，接通 2#泵电动机 M_2 控制交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，2#泵电动机 M_2 起动运转，从而替换已过载的故障 1#泵电动机 M_1 继续运转工作，起到故障泵自动互锁作用。与此同时，KA_2 常闭触点（11-29）断开，切断中间继电器 KA_3 线圈回路电源，KA_3 线圈断电释放，KA_3 常开触

点（15-23）断开，KA_3 常闭触点（15-17）闭合，为轮流转换控制做准备。

5. 2#泵电动机 M_2 过载后自动起动，1#泵电动机 M_1 工作

当2#泵电动机 M_2 在运转过程中出现过载时，其过载保护热继电器 FR_2 控制常闭触点（2-6）断开，切断交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，2#泵电动机 M_2 失电停止运转。在 KM_2 线圈断电释放的同时，KM_2 串联在得电延时时间继电器 KT_2 线圈回路中的辅助常闭触点（39-41）恢复常闭，接通得电延时时间继电器 KT_2 线圈回路电源，KT_2 线圈得电吸合并开始延时。

经 KT_2 延时（2s）后，KT_2 得电延时断开的常闭触点（25-27）断开，切断中间继电器 KA_2 线圈回路电源，KA_2 线圈断电释放，KA_2 所有常开触点（15-23、33-39）断开，KA_2 常闭触点（17-19、11-29）闭合。此时，中间继电器 KA_1 线圈得电吸合且 KA_1 常开触点（15-17）闭合自锁，KA_1 常开触点（7-13）闭合，接通 1#泵电动机 M_1 控制交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，1#泵电动机 M_1 起动运转，从而替换已过载的故障 2#泵电动机 M_2 继续工作，起到故障自动互投作用。与此同时，KA_1 常开触点（29-31）闭合，接通中间继电器 KA_3 线圈回路电源，KA_3 线圈得电吸合，KA_3 常闭触点（15-17）断开，KA_3 常开触点（15-23）闭合，为轮流转换控制做准备。

在自动时，任意一台水泵电动机出现过载故障时，其热继电器都将动作，断开相应控制回路电源，而该回路的得电延时时间继电器就会延时动作，接通另一台水泵电动机控制电路，使其投入工作，起到故障互换作用。因电路较为简单，这里不再介绍。

★电路 193　两台水泵轮流工作控制电路

如图 7-6 所示为两台水泵轮流工作控制电路，即第一次起动补水时，电动机 M_1 起动运转，第二次起动补水时轮换到电动机 M_2 起动运转，第三次起动补水时又轮换到电动机 M_1 起动运转，如此循环交替工作。

1. 电动机 M_1 手动控制

将转换开关 SA 置于“M_1 手动”位置，按下起动按钮 SB_2（5-7），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 起动运转；若停止运转，则按下停止按钮 SB_1（3-5），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转。

2. 电动机 M_2 手动控制

将转换开关 SA 置于“M_2 手动”位置，按下起动按钮 SB_4（31-33），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（31-33）闭合自锁，KM_2 三相主触

点闭合，电动机 M_2 起动运转；若需停止运转，则按下停止按钮 SB_3（29-31），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机 M_2 失电停止运转。

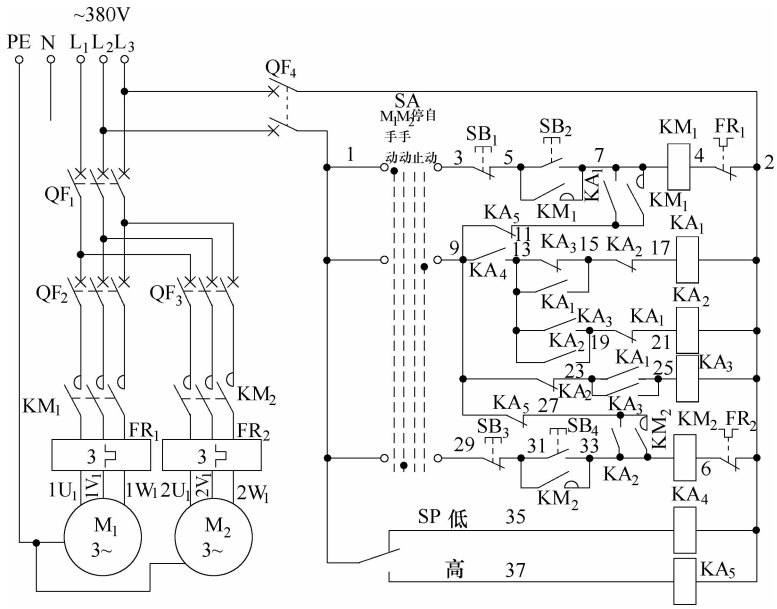


图 7-6　两台水泵轮流工作控制电路

3. 电动机 M_1、M_2 轮流控制

将转换开关 SA 置于 M_1、M_2 “自动”位置，则通过电接点压力表 SP 进行控制，当管路压力低于 SP 下限时，SP 低端（1-35）闭合，中间继电器 KA_4 线圈得电吸合，KA_4 常开触点（9-13）闭合，接通了中间继电器 KA_1 线圈回路电源，KA_1 线圈得电吸合并自锁（13-15），KA_1 常开触点（23-25）闭合，使中间继电器 KA_3 线圈得电吸合并自锁（23-25），为下一次中间继电器 KA_2 线圈工作做准备；同时 KA_1 常开触点（7-11）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合并自锁（7-11），电动机 M_1 得电起动运转。当管路压力高于电接点压力表 SP 上限时，SP 高端（1-37）闭合，中间继电器 KA_5 线圈得电吸合，KA_5 控制 KM_1 线圈停止的常闭触点（9-11）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转。在 KA_3 线圈得电吸合后，其常闭触点（13-15）断开，使 KA_1 线圈在下次禁止动作；KA_3 常开触点（13-19）闭合，为下次 KA_2 线圈得电做准备，因为 KA_2 动作，会使交流接触器 KM_2 线圈吸合，让电动机 M_2 起动运转。

当管路压力又低于 SP 下限时，SP 低端（1-35）闭合，中间继电器 KA_4 线圈又得电吸合，KA_4 常开触点（9-13）闭合，接通了中间继电器 KA_2 线圈回路电

源，KA_2 线圈得电吸合且自锁（13-19），KA_2 常闭触点（9-23）断开，切断了中间继电器 KA_3 线圈回路电源，KA_3 线圈断电释放，其所有触点恢复，为下次中间继电器 KA_1 线圈工作做准备。因为 KA_1 动作，会使交流接触器 KM_1 线圈吸合，让电动机 M_1 又重新起动运转。同时 KA_2 常开触点（27-33）闭合，将 KM_2 线圈回路接通，KM_2 线圈得电吸合并自锁（27-33），KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转工作。当管路压力高于电接点压力表 SP 上限时，SP 高端（1-37）闭合，中间继电器 KA_5 线圈得电吸合，KA_5 控制 KM_2 线圈停止的常闭触点（9-27）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电停止运转。此时，中间继电器 KA_1、KA_2、KA_3 线圈全部断电释放，恢复原始状态，为下次接通 KM_1 线圈做好准备，也就是为下次起动电动机 M_1 做准备，从而实现电动机 M_1、M_2 轮流运转工作。

★电路 194　两台水泵电动机自动故障自投电路

在给水时，通常采用两台水泵电动机一用一备。但在使用过程中，倘若运行的一台水泵电动机出现过载等故障而退出运行时，由于备用水泵电动机不能及时投入运行，将影响正常补水工作。

图 7-7 所示为两台水泵电动机自动故障自投电路。

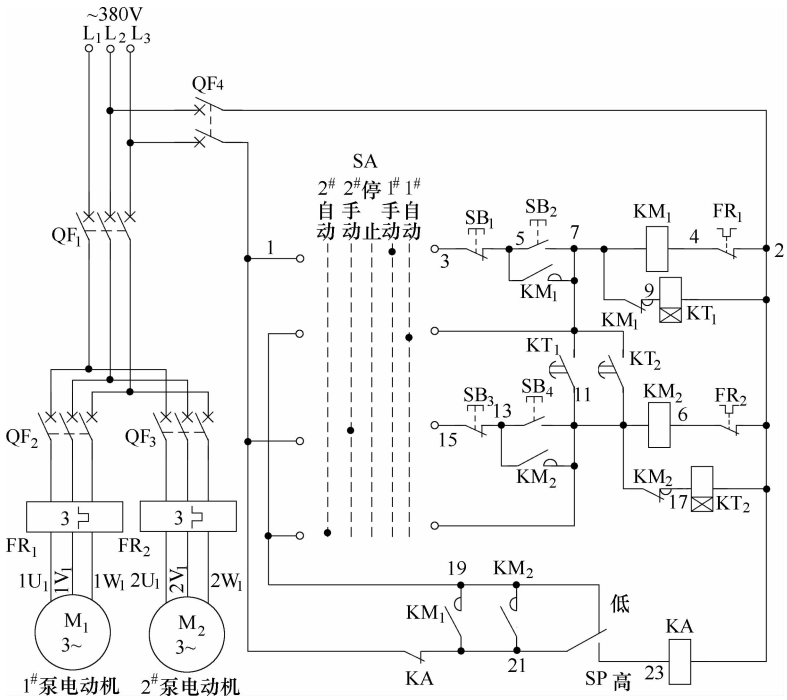


图 7-7　两台水泵电动机自动故障自投电路

1. 1#手动操作

将转换开关 SA 置于 1#手动位置（1-3），按下起动按钮 SB_2（5-7），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，1#泵电动机 M_1 得电运转工作。需停止时按下停止按钮 SB_1（3-5）即可。

2. 2#手动操作

将转换开关 SA 置于 2#手动位置（1-15），按下起动按钮 SB_4（11-13），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（11-13）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，2#泵电动机 M_2 得电运转工作。需停止时按下停止按钮 SB_3（13-15）即可。

3. 1#自动及故障自投

将转换开关 SA 置于 1#自动位置（7-19），补水罐压力低于电接点压力表 SP 下限时，其接点（19-21）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（19-21）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，1#泵电动机 M_1 得电运转；随着补水罐压力的逐渐增大，SP 接点（19-21）断开，当达到电接点压力表 SP 上限时，其接点（21-23）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常闭触点（1-21）断开，切断了 KM_1 线圈自锁回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，1#泵电动机 M_1 失电停止运转。若补水罐压力低于电接点压力表 SP 下限，其接点（19-21）闭合，交流接触器 KM_1 线圈又重新得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点又闭合，1#泵电动机 M_1 重新起动运转，自动重复上述过程。

当 1#泵电动机 M_1 出现故障（通常为过载）时，热继电器 FR_1 常闭触点（2-4）断开，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，1#泵电动机 M_1 失电停止运转。KM_1 辅助常闭触点（7-9）恢复闭合，为延时接通备用 2#泵电动机 M_2 起动运转做准备。若补水罐压力低于电接点压力表 SP 下限，其接点（19-21）闭合，此时由于 KM_1 线圈回路因故障断开，控制电源经 KM_1 辅助常闭触点（7-9）使得电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合，KT_1 开始延时；经 KT_1 一段延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（7-11）闭合，接通了控制 2#泵电动机 M_2 的交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，2#泵电动机 M_2 自动投入运行，替代故障 1#泵电动机 M_1；当 1#泵电动机 M_1 故障排除且 FR_1 复位后，1#泵电动机 M_1 重新投入工作，2#泵电动机 M_2 又作为备用待机。

2#泵电动机自动及故障自投同 1#，这里不再介绍。

★电路 195　采用两只中间继电器控制的水位控制电路

图 7-8 所示电路为水位控制电路，检测元件为电接点压力表，为了保证电接

点压力表控制触点不与容量较大的交流继电器线圈直接控制使用，以保护电接点压力表控制触点不易被损坏，所以在控制电路中采用两只中间继电器 KA_1、KA_2 线圈分别接电接点压力表低水位端、高水位端，因中间继电器线圈电流很小，从而保证电接点压力表正常使用。

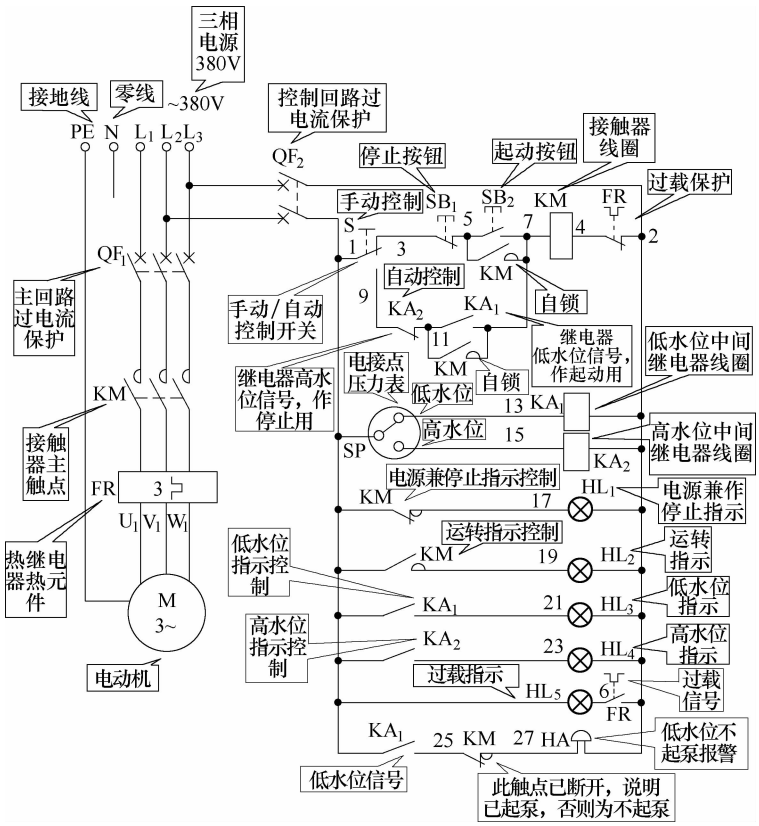


图 7-8　采用两只中间继电器控制的水位控制电路

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电源兼作停止指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. 手动控制

将手动/自动选择开关 S 拨至手动控制位置（1-3），起动时，按下起动按钮 SB_2（5-7），交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。同时 KM 辅助常闭触点（1-17）断开，辅助常开触点（1-19）闭合，电源指示灯 HL_1 灭，运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机已起动运转。停止时则按下停止按钮 SB_1（3-5），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机停止运转，同时 KM 辅助常开触点（1-19）断开，辅助常闭触点（1-17）闭合，运转指示灯 HL_2 灭，电源指

示灯 HL_1 亮，说明电动机已停止运转。

2. 自动控制

将手动/自动选择开关 S 拨至自动控制位置（1-7），控制电路处于自动控制状态。当水罐内压力低于电接点压力表下限值时，电接点压力表下限低水位端（1-13）闭合，中间继电器 KA_1 线圈得电吸合，其常开触点（7-11）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合且自锁（7-11），KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作，同时 KA_1 常开触点（1-21）闭合，指示灯 HL_3 亮，告知水罐处于低水位，KM 辅助常闭触点（1-17）断开，KM 辅助常开触点（1-19）闭合，电源兼停止指示灯 HL_1 灭，运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机已运转工作了。随着水泵电动机运转补水，水罐内压力逐渐上升，电接点压力表下限低水位端（1-13）断开，中间继电器 KA_1 线圈断电释放，其常开触点（1-21）断开，低水位指示灯 HL_3 熄灭；当水罐内压力升至电接点压力表上限值时，上限高水位端（1-15）闭合，接通中间继电器 KA_2 线圈电源，KA 常闭触点（9-11）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。同时 KA_2 常开触点（1-23）闭合，指示灯 HL_4 亮，告知水罐处于高水位，KM 辅助常开触点（1-19）断开，KM 辅助常闭触点（1-17）闭合，运转指示灯 HL_2 灭，电源兼停止指示灯 HL_1 亮，说明电动机已停止运转。

无论手动/自动选择开关 S 处于任何状态，只要在低水位时，倘若交流接触器 KM 不吸合，那么 KM 串联在低水位报警电路中的常闭触点（25-27）闭合，电铃 HA 响，告知水位已低且电动机不运转补水。若指示灯 HL_5 亮，说明电动机已过载动作了。

★电路 196　水泵两用一备控制电路

本电路（见图 7-9）中电动机 M_1、M_2 为工作泵，M_3 为备用泵。触点 KA_1、KA_2、KA_3 分别来自各泵的自动控制信号。

1. 手动操作

将转换开关 SA 置于左边手动位置，此时 SA 中的①、②，⑤、⑥，⑨、⑩均闭合，为手动操作做准备。

（1）起动 1#泵电动机 M_1 时，按下起动按钮 SB_2（5-7），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 辅助常闭触点（7-9）断开，手动时无用。KM_1 三相主触点闭合，1#泵电动机 M_1 得电起动运转，拖动 1#泵工作。停止时按下 SB_1（3-5），切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，1#泵电动机 M_1 失电停止运转，1#泵停止工作。

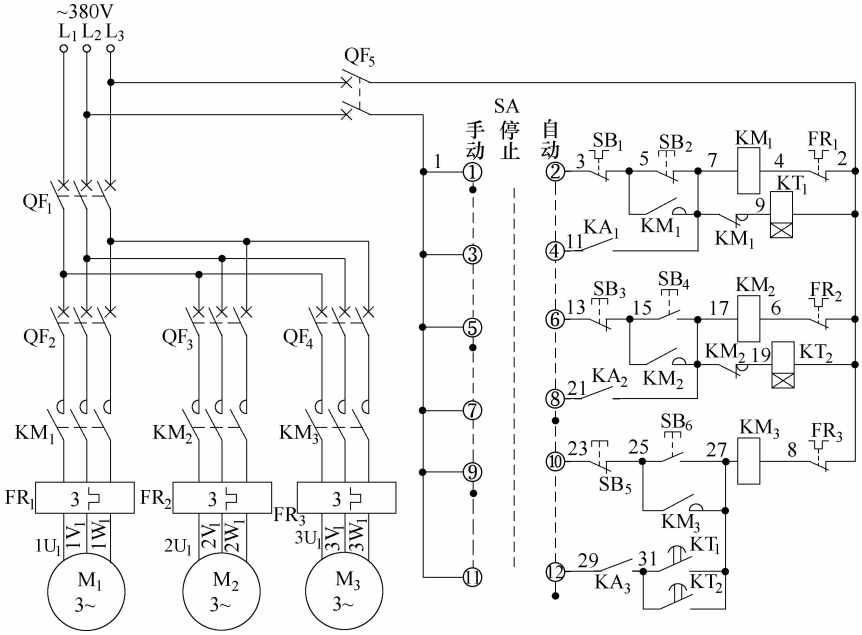


图 7-9　水泵两用一备控制电路

（2）起动 2#泵电动机 M_2 时，按下起动按钮 SB_4（15-17），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（15-17）闭合自锁，KM_2 辅助常闭触点断开，手动时无用。KM_2 三相主触点闭合，2#泵电动机 M_2 得电起动运转，拖动 2#泵工作。停止时按下 SB_3（13-15），切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，2#泵电动机 M_2 失电停止运转，2#泵停止工作。

（3）起动 3#泵电动机时，按下起动按钮 SB_6（25-27），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（25-27）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，3#泵电动机 M_3 得电起动运转，拖动 3#泵工作。停止时按下停止按钮 SB_5（23-25），切断了交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，3#泵电动机失电停止运转，3#泵停止工作。

2. 自动操作

将转换开关置于右边自动位置，此时 SA 中的③、④，⑦、⑧，⑪、⑫闭合，为自动操作做准备。

（1）1#泵电动机过载故障时，3#备用泵自动投入工作

1#泵自动工作时，水位自控触点 KA_1（7-11）闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，1#泵电动机 M_1 得电

起动运转，拖动1#泵自动工作。与此同时，KM_1 辅助常闭触点（7-9）断开，为1#泵电动机 M_1 出现过载时自动切换到3#备用泵电动机 M_3 控制回路做准备。1#泵电动机 M_1 是靠水位自控触点 KA_1（7-11）来完成其自动起动、自动停止控制的。当1#泵电动机出现过载动作后，热继电器 FR_1 常闭触点（2-4）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，1#泵电动机 M_1 失电停止运转，1#泵故障退出运行。与此同时，KM_1 辅助常闭触点（7-9）恢复常闭，由于水位自控触点 KA_1 仍闭合，接通了得电延时时间继电器 KT_1 线圈回路电源，KT_1 开始延时。经 KT_1 一段延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（27-31）闭合，为接通3#备用水泵电动机 M_3 控制交流接触器 KM_3 线圈回路做准备。备用泵水位自控触点（29-31）闭合时，与已闭合的 KT_1 得电延时闭合的常开触点（27-31）一起使交流接触器 KM_3 线圈回路接通，KM_3 线圈得电吸合，KM_3 三相主触点闭合，3#泵电动机得电起动运转，3#备用水泵投入工作。之后，3#备用泵则通过水位自控触点（29-31）来完成其自动起动、自动停止控制。以此代替1#故障泵工作。倘若1#泵电动机 M_1 过载故障排除，备用泵自动解除，自动转换到1#泵，由1#泵继续自动工作，而3#泵退出运行仍作为备用泵待命。

（2）2#泵电动机过载故障时，3#备用泵自动投入工作

2#泵自动工作时，水位自控触点 KA_2（17-21）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，2#泵电动机 M_2 得电起动运转，拖动2#泵自动工作。与此同时，KM_2 辅助常闭触点（17-19）断开，为2#泵电动机 M_2 出现过载时自动切换到3#备用泵电动机 M_3 控制回路做准备。2#泵电动机 M_2 是靠水位自控触点 KA_2（17-21）来完成其自动起动、自动停止控制的。当2#泵电动机出现过载动作时，热继电器 FR_2 常闭触点（2-6）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，2#泵电动机 M_2 失电停止运转，2#泵故障退出运行。与此同时，KM_2 辅助常闭触点（17-19）恢复常闭，由于水位自控触点 KA_2 仍闭合，接通了得电延时时间继电器 KT_2 线圈回路电源，KT_2 开始延时。经 KT_2 一段延时后，KT_2 得电延时闭合的常开触点（27-31）闭合，为接通3#备用水泵电动机 M_3 控制交流接触器 KM_3 线圈回路做准备。备用泵水位自控触点（29-31）闭合时，与已闭合的 KT_2 得电延时闭合的常开触点（27-31）一起使交流接触器 KM_3 线圈回路接通，KM_3 线圈得电吸合，KM_3 三相主触点闭合，3#泵电动机得电起动运转，3#备用泵投入工作。之后，3#备用泵则通过水位自控触点（29-31）来完成其自动起动、自动停止控制。以此代替2#故障泵工作。倘若2#泵电动机 M_2 过载故障排除，备用泵自动解除，自动转换到2#泵，由2#泵继续自动工作，而3#泵退出运行作为备用泵

待命。

★电路 197　排水泵故障时备用泵自投电路

有些场合，当主排水泵故障时，需备用泵自动快速投入运转。本例采用一只得电延时时间继电器完成备用泵自投控制，效果很理想。电路如图 7-10 所示。

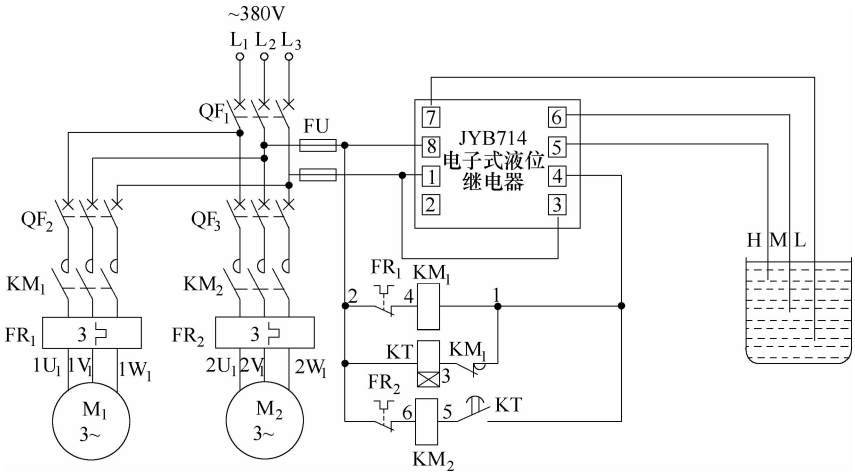


图 7-10　排水泵故障时备用泵自投电路

在平时主排水泵无故障时，若水位升至高水位，则液位继电器控制交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，主排水泵电动机 M_1 得电运转，开始排水。

当主排水泵在排水出现过载时，过载保护热继电器 FR_1 动作，FR_1 常闭控制触点（2-4）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，主排水泵电动机 M_1 失电停止运转；串联在得电延时时间继电器 KT 线圈回路中的 KM_1 辅助常闭触点（1-3）恢复常闭状态而闭合，接通得电延时时间继电器 KT 线圈电源，KT 得电开始延时。经 KT 延时（5s 后），KT 得电延时闭合的常开触点（1-5）闭合，接通备用泵控制交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，备用泵电动机 M_2 自动快速投入使用。

当排除主排水泵电动机 M_1 过载故障后，主排水泵电动机 M_1 仍自动优先投入运转，而备用泵则继续待命。

★电路 198　供水泵故障时备用泵自投电路

电路如图 7-11 所示。合上主回路断路器 QF_1、QF_2 和控制回路断路器 QF_3，为供水泵电动机运转做准备。

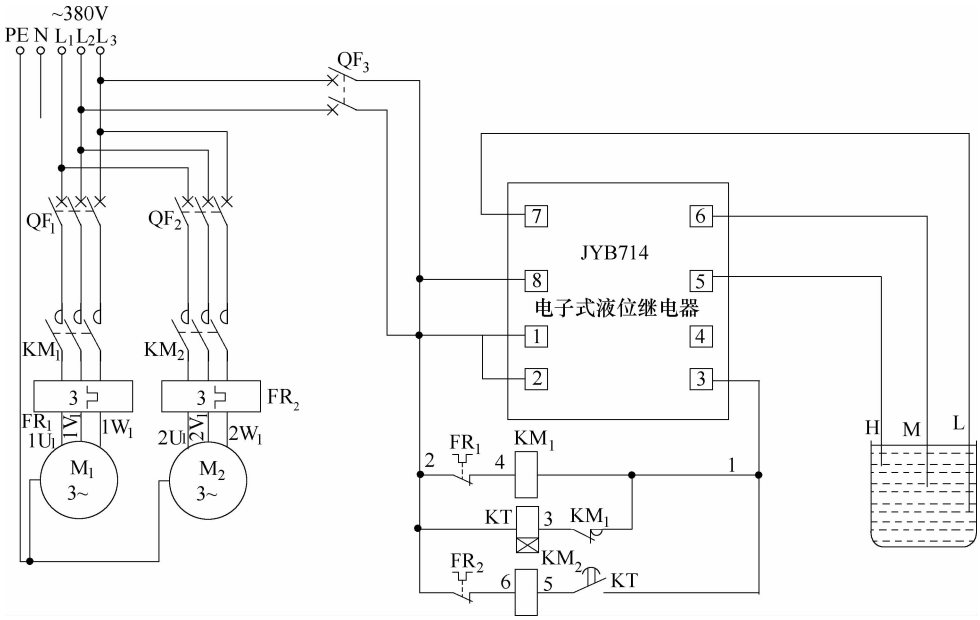


图 7-11　供水泵故障时备用泵自投电路

低水位时，JYB714 电子式液位继电器内部继电器线圈得电吸合，其常开触点闭合，②、③为接通主泵电动机 M_1 控制交流接触器 KM_1 线圈的触点闭合，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，主泵电动机 M_1 得电运转，供水泵向水箱内供水。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-3）断开，切断得电延时时间继电器 KT 线圈电源，使 KT 线圈不能得电吸合。这样，主泵电动机 M_1 正常运转。

当主泵电动机 M_1 运转过程中出现故障时，电动机电流增大，热继电器 FR_1 动作，FR_1 控制常闭触点（2-4）断开，切断主泵控制交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，使故障主泵电动机 M_1 失电停止运转；KM_1 辅助常闭触点（1-3）恢复常闭状态，接通得电延时时间继电器 KT 线圈电源，KT 线圈得电吸合且开始延时。

经 KT 延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（1-5）闭合，接通备用泵电动机 M_2 控制交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合，其三相主触点闭合，备用泵电动机 M_2 得电运转，供水泵向水箱内继续供水。

无论主泵还是备用泵，当水箱内水位升至高水位时，JYB714 电子式液位继电器内部继电器线圈失电释放，其常开触点恢复常开，②、③脚断开，切断供水泵电动机控制交流接触器线圈电源，使水泵电动机失电而停止运转。

★电路 199　具有手动/自动控制功能的排水控制电路

本例采用 JYB714 电子式液位继电器控制排水，具有手动/自动双重控制。电路如图 7-12 所示。

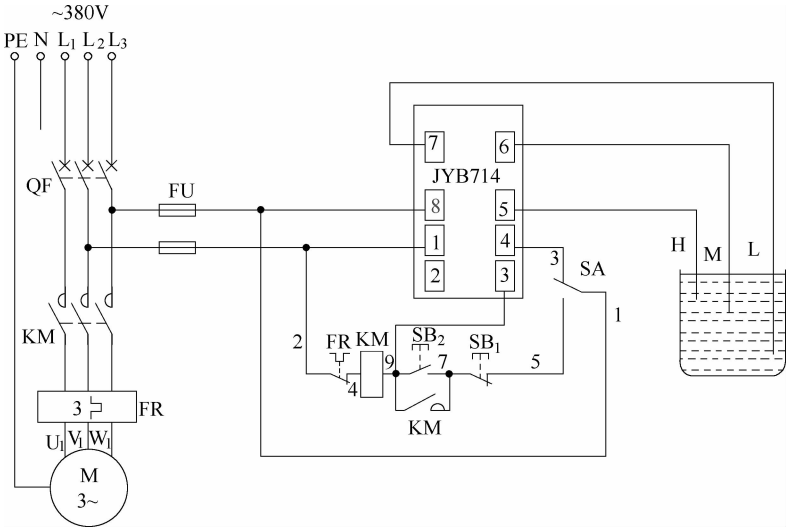


图 7-12　具有手动/自动控制功能的排水控制电路

1. 自动控制

将自动/手动选择开关置于自动位置，SA（1-3）闭合，利用 JYB714 电子式液位继电器来进行自动控制。当水位升至高水位时，液位继电器 JYB714 的内部继电器线圈断电释放，其③、④脚内部继电器常闭触点闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，水泵进行排水。

当液位降至低水位时，液位继电器 JYB714 的内部继电器线圈得电吸合，其③、④脚断开，切断交流接触器 KM 线圈电源，KM 线圈断电释放，水泵失电而停止排水。至此，实现自动排水控制。

2. 手动控制

将自动/手动选择开关置于手动位置，SA（1-3）断开、（1-5）闭合，按下起动按钮 SB_2（7-9），交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，水泵进行排水。

需手动停止时，按下停止按钮 SB_1（5-7），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转，水泵停止排水。

★电路 200　具有手动操作定时、自动控制功能的供水控制电路

本例采用 JYB714 液位继电器完成液位控制，具有手动定时停止功能。电路如图 7-13 所示。

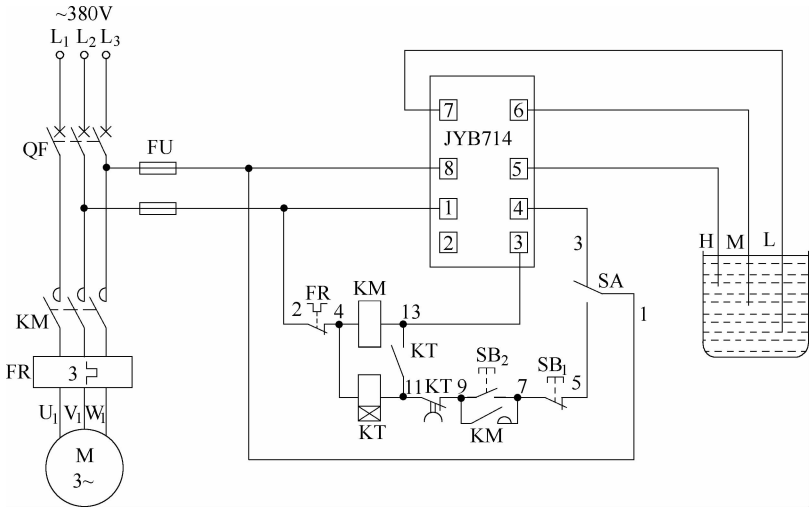


图 7-13　具有手动操作定时、自动控制功能的供水控制电路

1. 液位自动控制

合上断路器 QF，电路处于热备状态。将手动/自动选择开关置于自动位置，SA（1-3）闭合。

当蓄水池处于低水位时，液位继电器内部继电器动作，②、③脚（内部常开触点）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，水泵开始供水。

当水位升至高水位时，液位继电器内部继电器线圈断电释放，②、③脚断开，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转，水泵停止供水。

2. 手动起动、停止及定时停止控制

将手动/自动选择开关置于手动位置，SA（1-5）闭合。

起动时，按下起动按钮 SB_2（7-9），得电延时时间继电器 KT 线圈得电开始延时，KT 不延时常开触点（11-13）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，水泵进行供水。

在 KT 延时时间内，若要手动停止水泵供水，则按下停止按钮 SB_1（5-7），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转，水泵停止供水。

水泵电动机手动起动运转后，可按照预先设定的时间进行自动定时控制，经

KT 延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（9-11）断开，切断交流接触器 KM、得电延时时间继电器 KT 线圈电源，KM、KT 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机自动停止运转，水泵自动停止供水。

★电路 201　具有手动操作定时、自动控制功能的排水控制电路

电路如图 7-14 所示。合上断路器 QF，电路处于热备机状态。

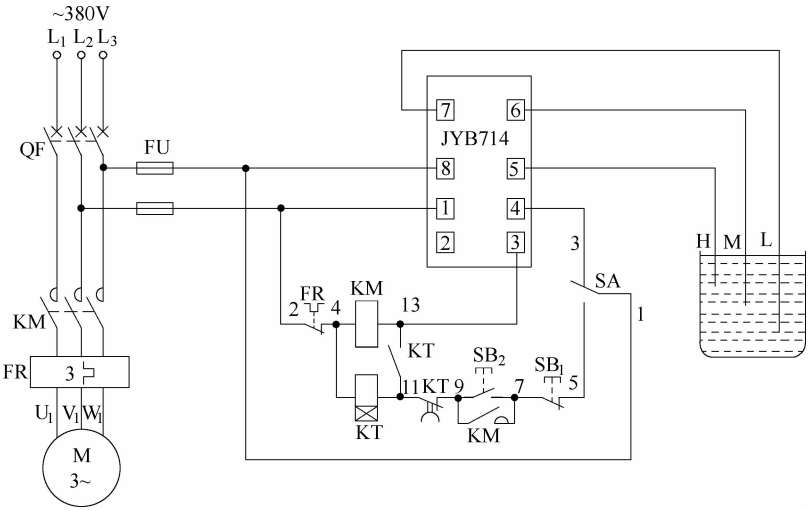


图 7-14　具有手动操作定时、自动控制功能的排水控制电路

1. 自动控制

将手动/自动选择开关 SA 置于自动位置，SA（1-3）闭合，为自动控制做准备。

高水位时，液位继电器 JYB714 内部继电器线圈断电释放，内部常闭触点恢复常闭状态，③、④脚接通，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，水泵排水。

低水位时，液位继电器 JYB714 内部继电器线圈得电吸合，内部常闭触点断开，切断交流接触器 KM 线圈电源，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转，水泵停止排水。

2. 手动定时控制

将手动/自动选择开关 SA 置于手动位置，SA（1-5）闭合，为手动定时控制做准备。

按下起动按钮 SB_2（7-9），得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（11-13）闭合，交流接触点 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（7-9）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，水泵排水。

在 KT 延时时间内，若欲停止排水，则按下停止按钮 SB_1（5-7），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转，水泵停止排水。KT 延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（9-11）断开，切断得电延时时间继电器 KT、交流接触器 KM 线圈电源，KT、KM 线圈断电，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转，水泵停止排水。

八、其他控制电路

★电路 202　空调机组循环泵延时自动停机控制电路

空调机组停机后，仍需让循环泵继续循环一段时间停机，这通常需人工完成。本例利用一只得电延时时间继电器 KT 及一只复位式二挡转换开关 SA 完成自动延时停机控制。

电路如图 8-1 所示。合上断路器 QF_1、QF_2，电源兼停止指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

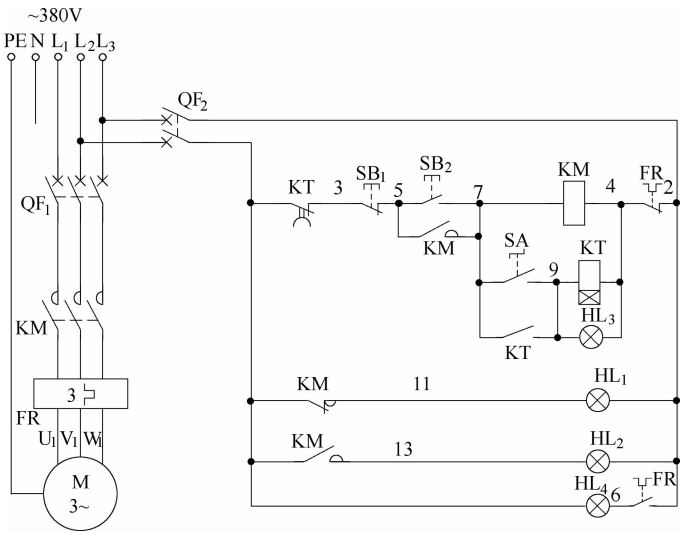


图 8-1　空调机组循环泵延时自动停机控制电路

1. 循环开机

按下起动按钮 SB_2（5-7），交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。同时，KM 辅助常闭触点（1-11）断开，指示灯 HL_1 灭；KM 辅助常开触点（1-13）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明循环泵已起动运转了。

2. 无定时人工停机

按下停止按钮 SB_1（3-5），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转。同时，KM 辅助常开触点（1-13）断开，指示灯 HL_2 灭；KM 辅助常闭触点（1-11）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明循环泵已人工手

动停止运转。

3. 定时自动停机

若循环泵在运转后需定时自动停机，可将复位式转换开关 SA 置于闭合状态后松手（又恢复到原始常开状态）。此时，得电延时时间继电器 KT 线圈得电，KT 不延时瞬动常开触点（7-9）闭合自锁，KT 开始延时。同时，延时指示灯 HL_3 亮，说明开始定时停机了。

经 KT 延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（1-3）断开，切断交流接触器 KM 和得电延时时间继电器 KT 线圈电源，KM、KT 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转。同时，指示灯 HL_2、HL_3 灭，HL_1 亮，说明循环泵定时停机了。

★电路 203　JS11PDN 型搅拌机控制器应用电路

通常，混凝土搅拌机用控制电路需多只电气元件实现正反转控制，本例采用的 JS11PDN 型数字式时间继电器，实际上就是一个成品的搅拌机控制器。电路如图 8-2 所示。

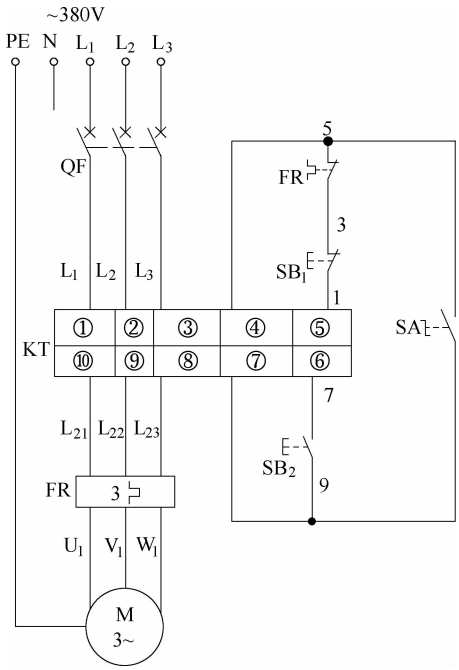


图 8-2　JS11PDN 型搅拌机控制器应用电路

合上断路器 QF，接通三相交流电源，电路处在热备用状态。

按下起动按钮 SB_2，搅拌机控制器 KT 得电工作，按照内置正转→停→反转

→停……循环并定时。当运转时间到达设定时间后，KT 自动切断内部控制电路，电动机停止运转。需要中途手动停止时，按下停止按钮 SB_1 即可。

★电路 204　一种解决交流接触器吸合后不能释放的保护电路

一旦交流接触器出现主触点熔焊或铁心极面因油污等造成不能可靠释放，将使电动机不能停止运转，严重时出现事故。本例电路能解决诸如此类问题。

电路如图 8-3 所示。合上断路器 QF_1、QF_2，指示灯 HL_2 亮，说明电源正常。从主回路看，交流接触器 KM_1、KM_2 的三相主触点是串联的。也就是说，KM_1、KM_2 线圈必须都吸合，其各自的三相主触点全部闭合，电动机才会得电运转。

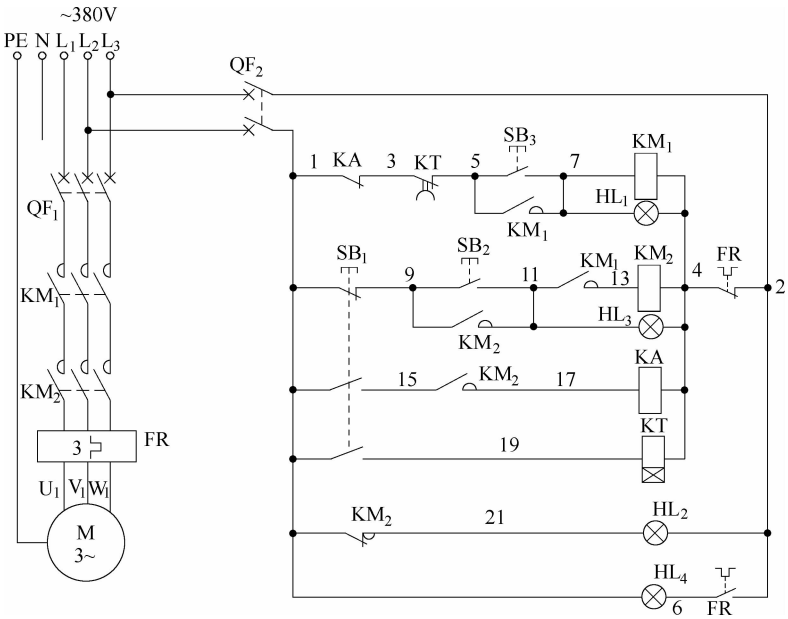


图 8-3　一种解决交流接触器吸合后不能释放的保护电路

1. 电源准备

按下电源准备按钮 SB_3（5-7），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（5-7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，为电动机起动运转提供三相 380V 电源。同时，指示灯 HL_1 亮，说明电源已接通。KM_1 线圈吸合后，串联在 KM_2 线圈回路中的 KM_1 常开触点（11-13）闭合，为 KM_2 线圈工作做准备。也就是说，KM_1 不吸合工作，KM_2 无法工作。

2. 起动

欲起动电动机时，按下起动按钮 SB_2（9-11），交流接触器 KM_2 线圈得电吸

合，KM_2 辅助常开触点（9-11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；串联在中间继电器 KA 线圈回路中的 KM_2 常开触点（15-17）闭合，为交流接触器 KM_2 不能可靠释放做保护准备。同时，指示灯 HL_2 灭、HL_3 亮，说明电动机起动运转了。

3. 保护

当交流接触器 KM_2 出现故障，按下停止按钮 SB_1 不能使 KM_2 线圈断电释放时，由于停止按钮 SB_1 常开触点（1-15）闭合，与早已闭合的 KM_2 常开触点（15-17）将中间继电器 KA 线圈电源接通，KA 线圈得电吸合，串联在电源交流接触器 KM_1 线圈回路中的 KA 常开触点（1-3）断开，使电源交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电而停止运转，起到保护作用。

4. 停止

若停机时间较长，可按住停止按钮 SB_1 的时间超过 5s 以上，时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 得电延时断开的常闭触点（3-5）断开，切断电源交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止运转。按住停止按钮 SB_1 的时间，由时间继电器 KT 设定，可根据实际情况调整。

★电路 205　开机前发出声光预警信号的起停控制电路

为了保证维修人员及设备附近工作人员的人身安全，本电路在设备起动运转前先发出开机预警信号，经过一段时间延时后自动起动电动机。

电路如图 8-4 所示。合上断路器 QF_1、QF_2、QF_3，电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. 起动报警

开机时，按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_2 和得电延时时间继电器 KT 线圈同时得电吸合，KM_2 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，串联在电铃 HA 和报警灯 HL 回路中的 KM_2 辅助常开触点（17-19）闭合，接通电铃和报警灯电源，发出声光报警，以警示人员远离设备；同时得电延时时间继电器 KT 开始延时。

2. 解除报警

经 KT 延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（3-9）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-9）闭合自锁，KM_1 辅助常闭触点（5-7）断开，切断交流接触器 KM_2 和得电延时时间继电器 KT 线圈电源，KM_1、KT 线圈断电释放，KM_2 辅助常开触点（17-19）断开，解除声光报警；KM_1 三相主触点闭合，电动机得电而起动运转。

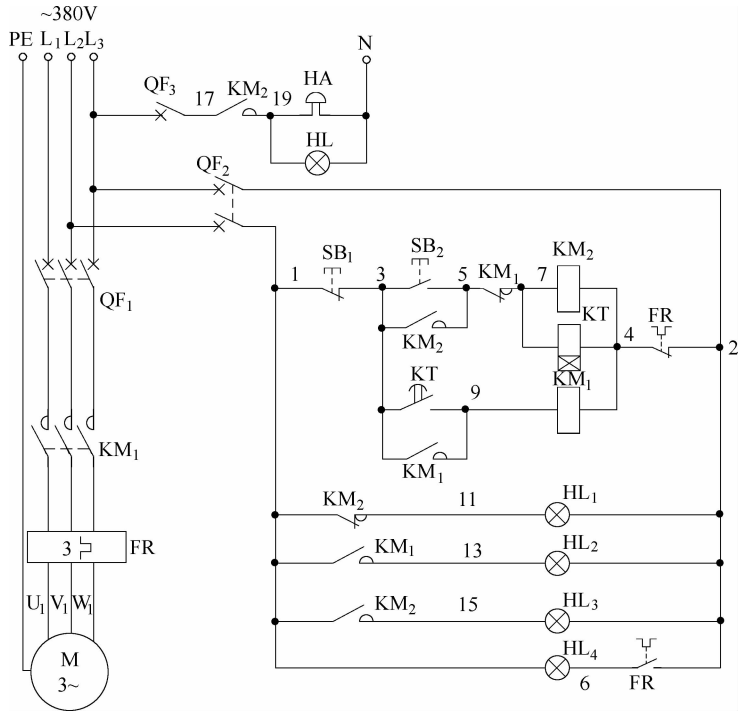


图 8-4　开机前发出声光预警信号的起停控制电路

★电路 206　一种完善的防空压机交流接触器主触点熔焊的保护控制电路

本例利用两只交流接触器 KM_1、KM_2 三相主触点相串联的方式来控制空压机电动机电源，KM_1 只提供电源，KM_2 受气压开关的控制，对电动机进行起动、停止控制。当交流接触器 KM_2 主触点熔焊而无法断开时，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常闭触点（5-7）切断 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，切断电动机电源，起到保护作用。

电路如图 8-5 所示。合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

1. 起动

按下起动按钮 SB_2（3-5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3-5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，为电动机提供三相电源。同时，KM_1 辅助常闭触点（1-21）断开，指示灯 HL_1 灭；KM_1 辅助常开触点（1-23）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机三相电源正常。

当空压机压力在下限值时，气压开关 P 常开控制触点（5-9、5-11）闭合，使失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，指示灯 HL_5 亮；KT 失电延时闭合的

常闭触点（17-19）瞬时断开，为 KM_2 主触点熔焊时延时切断 KM_1 做准备；KT 不延时瞬动常开触点（11-13）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。在 KM_2 线圈得电吸合的同时，KM_2 辅助常开触点 KM_2（15-1）闭合，提供“断不开”信号；KM_2 辅助常开触点（1-25）闭合，说明电动机得电起动运转了。

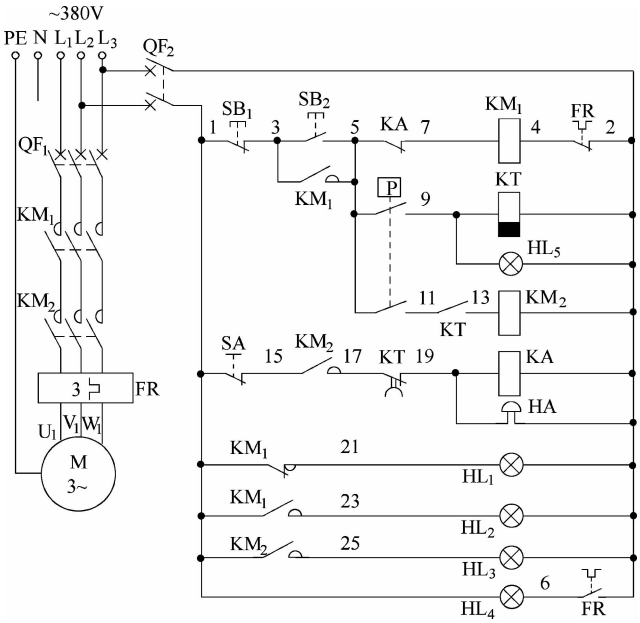


图 8-5　一种完善的防空压机交流接触器主触点熔焊的保护控制电路

2. 保护

当交流接触器 KM_2 三相主触点熔焊时，其所有常开触点均无法断开，虽然气压开关 P 的两对常开触点（5-9、5-11）全部断开，但电动机仍继续运转。此时，由于气压开关 P 常开触点（5-9）断开，切断了失电延时时间继电器 KT 线圈电源，KT 线圈断电并开始延时。经 KT 延时后（5s），KT 失电延时闭合的常闭触点（17-19）闭合，接通中间继电器 KA 线圈电源，串联在 KM_1 线圈回路中的 KA 常闭触点（5-7）断开，切断 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，切断电动机三相电源，使电动机失电而停止运转，从而起到保护作用。在 KA 线圈得电吸合的同时，报警电铃 HA 响，以警示交流接触器 KM_2 出现熔焊故障（可通过手动转换开关 SA 解除）。需注意的是，转换开关 SA 平时绝不允许处于断开状态；否则，出现熔焊故障时无法断开 KM_1 线圈电源。

读者需求调查表

个人信息

姓名：		出生年月：		学历：	
联系电话：		手机：		E-mail：	
工作单位：				职务：	
通讯地址：				邮编：	

1. 您感兴趣的科技类图书有哪些？

□自动化技术　□电工技术　□电力技术　□电子技术　□仪器仪表　□建筑电气

□其他（　　）以上各大类中您最关心的细分技术（如 PLC）是：（　　）

2. 您关注的图书类型有：

□技术手册　□产品手册　□基础入门　□产品应用　□产品设计　□维修维护

□技能培训　□技能技巧　□识图读图　□技术原理　□实操　□应用软件

□其他（　　）

3. 您最喜欢的图书叙述形式为：

□问答型　□论述型　□实例型　□图文对照　□图表　□其他（　　）

4. 您最喜欢的图书开本为：

□口袋本　□32 开　□B5　□16 开　□图册　□其他（　　）

5. 您常用的图书信息获得渠道为：

□图书征订单　□图书目录　□书店查询　□书店广告　□网络书店　□专业网站

□专业杂志　□专业报纸　□专业会议　□朋友介绍　□其他（　　）

6. 您常用的购书途径为：

□书店　□网络　□出版社　□单位集中采购　□其他（　　）

7. 您认为图书的合理价位是（元/册）：

手册（　　）　图册（　　）　技术应用（　　）　技能培训（　　）　基础入门(　　)　其他（　　）

8. 您每年的购书费用为：

□100 元以下　□101～200 元　□201～300 元　□300 元以上

9. 您是否有本专业的写作计划？

□否　□是（具体情况：　　）

非常感谢您对我们的支持，如果您还有什么问题欢迎和我们联系沟通！

地址：北京市西城区百万庄大街 22 号　机械工业出版社电工电子分社　邮编：100037

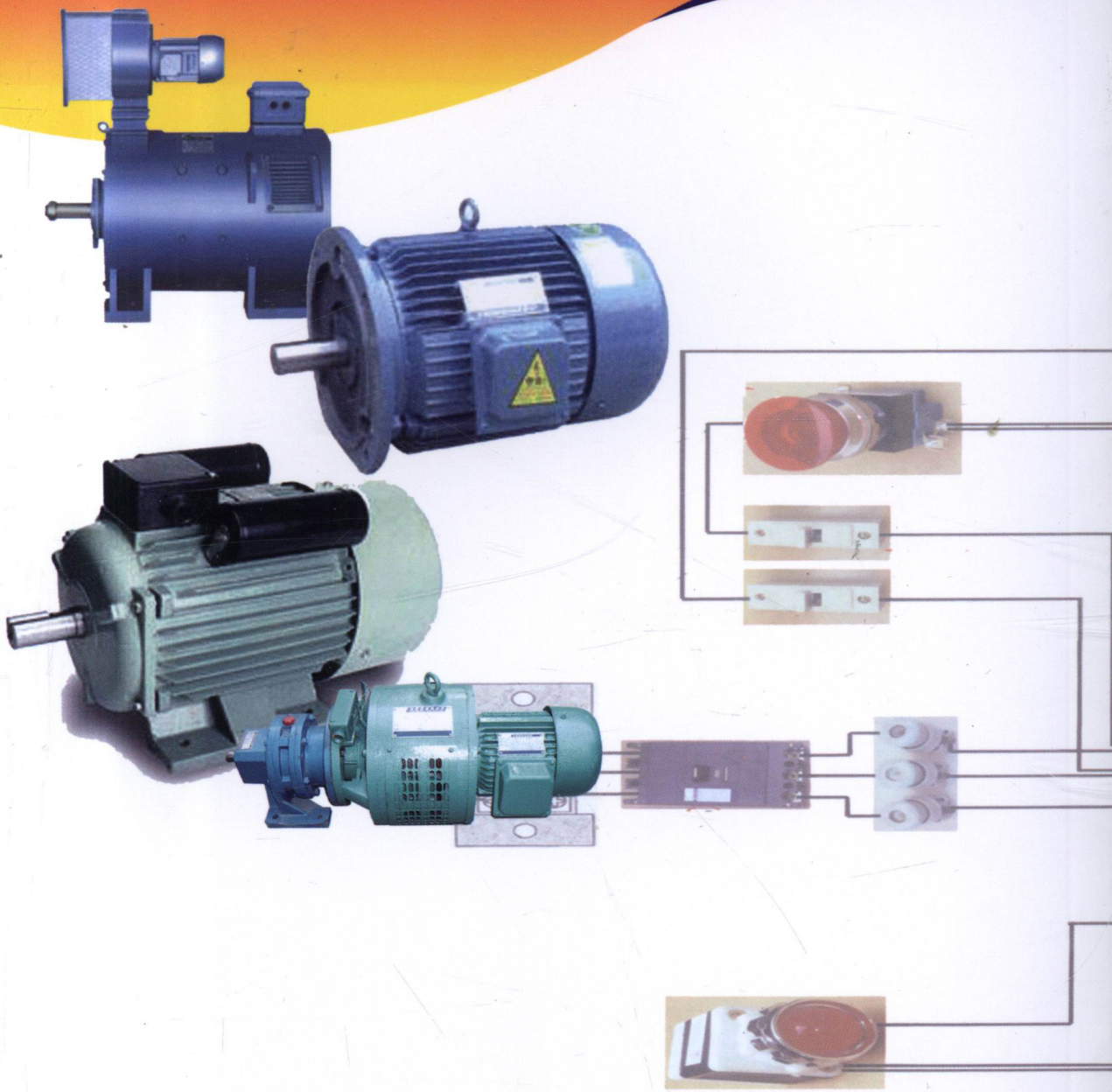
联系人：张俊红　联系电话：13520543780　传真：010-68326336

电子邮箱：buptzjh@163.com（可来信索取本表电子版）

编著图书推荐表

姓名		出生年月		职称/职务		专业	
单位				E-mail			
通讯地址						邮政编码	
联系电话			研究方向及教学科目				
个人简历（毕业院校、专业、从事过的以及正在从事的项目、发表过的论文）							
您近期的写作计划有：							
您认为目前市场上最缺乏的图书及类型有：							

地址：北京市西城区百万庄大街 22 号　机械工业出版社，电工电子分社
邮编：100037　网址：www. cmpbook. com
联系人：张俊红　电话：13520543780/010-88379768　010-68326336（传真）
E-mail：buptzjh@ 163. com（可来信索取本表电子版）



地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术／电工技术
ISBN 978-7-111-43229-6
策划编辑◎张俊红

ISBN 978-7-111-43229-6
9 787111 432296 >
定价：49.80元